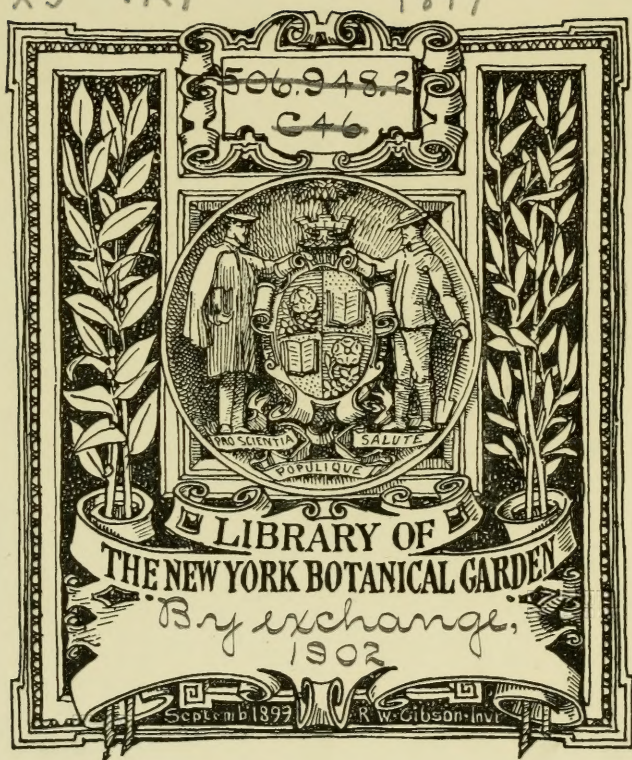
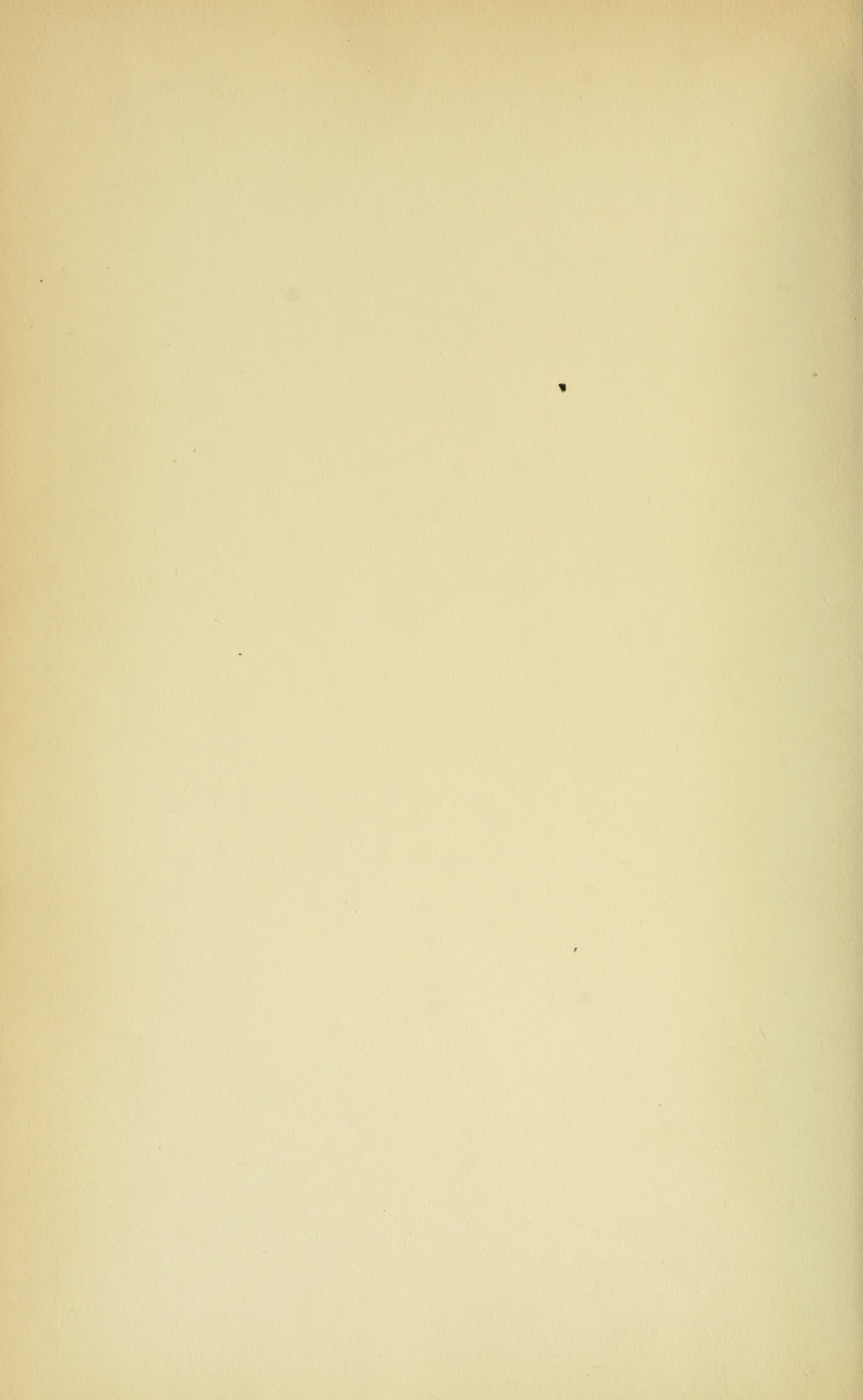


XS .K7

1897





Skrifter

udgivne af

Videnskabssekabet i Christiania

1897

I. Mathematisk-naturvidenskabelig Klasse

LIBRARY
NEW YORK
BOTANICAL
GARDEN

Med 1 Kart, 45 Tegninger og 4 Plancher

Kristiania

I Kommission hos Jacob Dybwad

A. W. Brøgers Bogtrykkeri

1897

LIBRARY
NEW YORK
BOTANICAL
GARDEN

Indhold.

		Side
No. 1.	C. O. E. Arbo. Fortsatte Bidrag til Nordmændenes Anthropologi. IV. Lister og Mandals Amt. (Med 2 grafiske Tabeller.)	1—63
No. 2.	Carl Størmer. Quelques théorèmes sur l'équation de Pell $x^2 - Dy^2 = \pm 1$ et leurs applications	1—48
No. 3.	Johan Kiær. Faunistische Übersicht der Etage 5 des norwegischen Silur-systems (Med 7 Tegninger)	1—76
No. 4.	F. O. Guldberg. Circulærbevægelsen som dyrisk grundbevægelse, dens aarsag, fænomenalitet og betydning. (Med 17 tegninger.)	1—31
No. 5.	C. N. Riiber. Die quantitative Bestimmung des Trockenextraktes in Bier und Würze und das Verhältniss desselben zu den specifischen Gewichte. (Med 10 Tegninger.)	1—82
No. 6.	W. C. Brøgger. Die Eruptivgesteine des Kristianiagebietes. (Mit 1 Karte, 4 Tafeln und 5 Figuren im Text)	1—377
No. 7.	W. C. Brøgger. Über den Mossit und über das Krystallsystem des Tan-talit (Skogbölit) aus Finnland. (Mit 6 Figuren im Text)	1—19
No. 8.	Kr. Birch-Reichenwald Aars. Untersuchungen zur Farbenmischung im Auge.	1—34
No. 9.	L. Sylow. Sur les groupes du degré p et de l'ordre $p(p+1)\pi$, p étant un nombre premier, et π un diviseur de $p-1$	1—19
No. 10.	Alf Guldberg. Sur la théorie des congruences différentielles linéaires.	1—23
No. 11.	H. Mohn. Klima-Tabeller for Norge. III. Luftens Fugtighed	1—11

MAR 28 1902

Fortsatte Bidrag

til

Nordmændenes Anthropologi

IV.

Lister og Mandals Amt

Af

C. O. E. Arbo

LIBRARY
NEW YORK
BOTANICAL
GARDEN

Med 2 grafiske Tabeller

Videnskabsselskabets Skrifter. I. Matematisk-naturv. Klasse. 1897. No. 1

Udgivet for Fridtjof Nansens Fond

Kristiania

I Kommission hos Jacob Dybwad

A. W. Brøgers Bogtrykkeri

1897

Foredraget i Fællesmødet 7de Februar 1896.

Fortsatte Bidrag til Nordmændenes Anthropologi.

IV.

Lister og Mandals Amt.

Af

C. O. E. Arbo.

Det nuværende Lister og Mandals Amt betegnedes i Oldtiden nærmest ved Navnet *Vestr-* eller *Nordr-Agðir* og udgjorde sammen med Austr-Agðir, der strakte sig helt til Rygjarbit, eller det nuværende Jernæstangen ved Risør og de indre Egne, som kaldtes Robyggjalög, det gamle *Egdafylke*, der altsaa ogsaa omfattede det nuværende Nedenæs Amt¹.

Efter P. A. Munch er Agder et Flertalsord, der nærmest betegner et Kystdistrikt, og Navnet paa dets Beboere, Egderne, er altsaa ikke et af Beboelsesstedets Navn uafhængigt som Ryger og Horder, men ligefrem udledet deraf².

Det hørte i hele Middelalderen baade i verdslig og geistlig Henseende til det vestlige Norge eller Gulathingets Distrikt. Vest-Agders Grændser faldt, ialtfald hvad Kystegnene angaar, sammen med det nuværende Lister og Mandals Amt, idet det regnedes fra Sireaaens Munding — Saltsira — i vest til den strax østenfor Christianssand indgaaende Topdalsfjord i øst. Indenfor Kysten var derimod Grændsen ikke ganske som nu; thi ogsaa Lunds Sogn af Dalernes Fogderi i Stavanger Amt hørte fordum til Agder, som anført under Dalernes

¹ Under den følgende Beskrivelse kommer jeg derfor ogsaa til for Letheds Skyld at benytte Udtrykket Vest-Agder fremfor Lister og Mandals Amt.

² P. A. Munch. Det norske Folks Historie, D. I, S. 79—80.

anthropologiske Beskrivelse, hvor det ogsaa er behandlet. Ligeledes hørte Aaserall til Robyggjalög og altsaa Austr-Agðir, og er først i senere Tider overført til Lister og Mandals Amt, med hvilket det jo i geografisk Henseende hænger mest sammen. Herrederne i Fylket havde ikke saa karakteristiske Navn som i Rogaland, men benævntes fornemmelig efter Vand eller Vasdrag i de respektive Dalfører, hvilket Navn de ogsaa siden har beholdt.

I archæologisk Henseende viser Vest-Agder sig, ligesom Rogaland, at have været forholdsvis tidlig befolket, og enkelte Egne — specielt det saakaldte Listerland eller Vanse Præstegjæld — frembyder nogen Lighed med Jæderen paa Grund af de talrige der gjorde Stenaldersfund (64,2 pCt. af hele Amtets), deriblandt et forholdsvis betydeligt Antal af de saakaldte Værksteds- eller, som de nu i Almindelighed og vel rigtigere benævnes, Bopladsfund. Broncealderen er ogsaa her talrigst repræsenteret. Igjennem systematisk foretagne Udgravninger er det ogsaa konstateret, at den ældre Jernalders Fund forekommer noksaa talrigt ikke alene i Kystbygderne, men ogsaa i de ytre Dalbygder, ligesom den yngre Jernalder viser sig nogenlunde godt repræsenteret, dog i mindre Grad end Stenalderen.

Generel anthropologisk Beskrivelse.

Medens jeg for Stavanger Amts anthropologiske Beskrivelse havde lagt Amtets administrative Tredeling til Grund, da Bygdelagenes relative Ensartethed i anthropologisk Henseende kunde berettigede dertil, kan dette ikke ske for *Lister og Mandals Amt*; her viser sig større Uligheder og Differentser — og som Menneskene her saaledes ogsaa Naturen.

Medens Jæderen og Dalerne, om end forskellige i sin naturlige Beskaffenhed, dog hver inden sig frembyder et forholdsvis ensartet Præg og Dalerne paa en Maade danner Overgangen til Lister og Mandals Amt, udmærker dette sig ved mere bratte Afvexlinger — fra et vildt, forrevet Kystland kommer man saaledes ofte med en Gang ind i en lun, venlig Fjord og frem til en vakker, smilende Dalbund, og man overraskes ved at finde Naturskønhed, hvor man oprindeligt mindst havde ventet det.

Saaledes ogsaa med Befolkningen — den er ikke længer saa ensartet i sin Sammensætning fra Fjeld til Fjære som i de tilstødende Dele af Stavanger Amt — ogsaa den byder paa Overraskelser, og man begynder

her at træffe paa ganske mærkelige Modsætninger. Et Blik paa Dr. Amund Larsens Dialektkart over Amtet viser ogsaa dettes mere compliserede ethniske Sammensætning.

Vest-Agder kan derfor ikke i anthropologisk Henseende behandles og beskrives som en samlet Enhed — næsten alle Amtets eiendommelige, i nord og syd gaaende, Dalfører indeholder nemlig saadanne Modsætninger, at man maa dele Befolkningen i *Kystbefolkningen*, den *ytre Dalbefolkning* og den *indre eller øvre Dalbefolkning* — hvoraf de 2 første dog har mest tilfælles — for saavidt frembyder det noget mere Lighed med det egentlige Ryfylke, hvor man ialfald maatte skille mellem den indre Fjeldbefolkning i Modsætning til Kystens og Udøernes¹.

Medens man nemlig hos Kyst- og den ytre Dalbefolkning finder den brachycephale Skalleform hyppigst repræsenteret, om end ei i fuldt saa stærk Grad som for de tilstødende Dele af Stavanger Amt, viser det sig, at *denne er i successiv Aftagende, eftersom man kommer op imod de øverste Dalbygder, indtil i disse selv Forholdet blir omvendt*, 3: Brachycephalien i Minoriteten og Dolicho- og Mesocephalien den forherkende, og Bygdernes Middelindex, som i Kyst- og de ytre Dalbygder var brachycephal, gaar derved over til at blive mesocephal; men ogsaa i *Retningen østover foregaar der en stadig Synken i Brachycephalerne Antal*, der gir sig tilkjende ogsaa i Kyst- og i de ytre Dalbygder.

Medens endnu saalangt vest som i Siredalen Antallet af Brachycephalerne er 73,3 pCt., Mesocephalerne 17,7 og Dolichocephalerne kun 8,8 pCt. (efter Brocas Inddeling), begynder Forandring allerede at spores i Fjotland, det øverste Fjeldsogn østenfor, idet Brachycephalerne er sunket til 51,8 pCt., medens Meso- og Dolichocephalerne er steget til resp. 29,7 og 18,5 pCt. Det er i Grunden ifra *Kvinesdal eller kanske rettere fra Feddefjorden* af, at *en bestemt Stigning af Mesocephalerne synes at gjøre sig gjældende*; de er tiltaget med 10—15 pCt. Dolicho-

¹ Heller ikke Thinglagsinddelingen, der jo ellers følges af Landets officielle Statistik, har jeg længer kunnet benytte, men maattet ombytte denne med Præstegjældene som Inddelingsenhed af den Grund, at Thinglagene her flere Steder har specielle Navne, der ikke stemmer overens med det fornemste Præstegjælds (hvilket ellers i Almindelighed er Tilfælde), og hvis Udstrækning man derfor har vanskelig for at have Rede paa, naar man ikke er saa meget mere inde i disse Egenes Geografi, da Landkartet ingen Oplysninger giver om Thinglagets Navn, for hvilket det gamle Thingsteds flere Steder synes at ligge til Grund.

Man har saaledes i dette Amt, naar man gaar vestenfra østover, følgende Navn for Thinglagene:

Helvigs Thinglag, der indbefatter Vanse, Farsund, Herreds og Spinds Sogne, *Heddelands*, der bestaar af Øislebo, Laudal og Finsland, *Lerkjars*, der indbefatter Mandal, Halsaa, Hartmark og Holme, og *Odde*, der bestaar af Oddernæs, Randosund, Vennesla, Tveit og Birkenæs.

cephalernes Forekomst er mere varierende; dog viser det sig stadig, at de er stærkest repræsenteret i de indre Bygder. En tilsvarende Synken foregaar da af Brachycephalerne. Det synes altsaa, *som et nyt Folkeelement her begynder at optræde*, hvilket ogsaa giver sig tilkjende østover paa forskjellig Maade og for Kvinesdal specielt gjør sig bemærkelig ved den der hyppigere slankbyggede Figur. I næste Dalføre, Lyngdalen, er denne Proces yderligere i Tiltagende, idet Brachycephalerne i den næst øverste Bygd, Hegebostad, er gaaet ned til 48,7 pCt., Mesocephalerne øget til 35,0 og Dolichocephalerne dog kun til 12,5 pCt.; men i den øverste Bygd derimod, Annexet Eken eller Eikebygd, er Brachycephalerne reduceret til 39,0 pCt., Mesocephalerne staar paa 26,8, men Dolichocephalerne steget helt til 34,1 pCt. Hægebostad maa saaledes betragtes som en Overgangs- og Blandingsbygd mellem dette øvre Centrum for Dolicho-Mesocephaler og det ytre, brachycephale egentlige Lyngdal (Kvaas, Aa og Austad Sogne) med 57,7 pCt. Brachycephaler. Samme eiendommelige Forhold viser sig ogsaa i næste Dalføre østover, Undalen, hvor Nordre Undal endnu har 58,3 pCt. Brachycephaler, medens Dalførets øverste Bygd, Grindum, omtrent har tilsvarende Forhold som den vestlige Nabobygd, Eken, nemlig kun 36,5 pCt. Brachycephaler, 29,2 pCt. Meso- og 34,1 pCt. Dolichocephaler.

I det følgende Dalføre, Mandalen, støder man atter paa den samme Eiendommelighed, idet her Bjelland danner Overgangen (45,0 pCt. B., 30,0 M., og 25,0 pCt. D.) til den øverste Bygd, Aaserall, med 43,7 pCt. Brachycephaler, 25 pCt. Meso- og 31,2 pCt. Dolichocephaler.

I Bjellands Annex og Nabobygd, det egentlig i Søgne-dalføret liggende Finsland Sogn, er Brachycephalerne end yderligere reduceret til 31,4 pCt., Mesocephalerne til 22,8 pCt., Dolichocephalerne steget til 45,7 pCt.

I Otteraaens Dalføre er ogsaa det samme Tilfælde; medens i de Kysten nærmest liggende Egne, Søgne og Greipstad, samt Oddernæs og Byen Christianssand Brachycephalerne endnu er forholdsvis talrige (resp. 55,5, 72,2 og 62,5 pCt.), er de i de indenfor liggende, til Finsland nærmest grændsende Bygder, Øvrebø, Vennesla og Hægeland gaaet ned til 30 og 20 pCt., med tilsvarende Stigning af Meso- og Dolichocephalerne.

Man ser, dette Forhold gjør sig gjældende med en saadan Regelmæssighed, at det ikke blot kan tilskrives en Tilfældighed eller være begrundet i Observationsfeil.

Samtlige disse her nærmere ontalte Sogne, 8 i Tallet, *faar her ved en mesocephal Middelindex*, og da de saavel i Maalføre som med

Hensyn til Aandscharakter skiller sig fra de andre, kan man derfor ikke slaa dem sammen i en generel Beskrivelse med de brachycephale Kyst- og ytre Dalbygder, men maa skille dem ud fra disse og beskrive dem som Enheder hver for sig.

For imidlertid ikke ganske at opgive den for Stavanger Amts anthropologiske Beskrivelse fulgte Methode, nemlig at give en *Oversigt i Gjennemsnitstal* over Amtets forskjellige Forhold — en Methode, om hvis videnskabelige Værd der forresten kan være delte Meninger — tjenlig til en visselig i enkelte Henseender noksaa interessant Sammenligning med Sideamtet, har jeg da ogsaa foretaget en saadan Sammenstilling i Gjennemsnitstal for Lister og Mandals Amt, men saaledes, at jeg har behandlet de 22 Bygder med brachycephal Middelindex for sig og de 8 med mesocephal for sig.

Inden *Amtet som Helhed* betragtet er de forskjellige Skalleformers Forekomst hos 1013 Mand følgende:

<i>Brocas Inddeling.</i>		<i>Quinær Inddeling.</i>	
Index-Forhold		Index-Forhold	
Dolichocephaler	(70—77,77) 17,3 pCt.	H.D. (65—69,99)	0,1 pCt. ¹
Mesocephaler	(77,78—79,99) 26,8 —	D. (70—74,99)	3,1 —
Brachycephaler	(80—) 55,8 —	M. (75—79,99)	40,3 —
		B. (80—84,99)	45,6 —
		H.B. (85—89,99)	9,8 —
		U.B. (90—94,99)	0,6 —

Dalerne af Stavanger Amt.

D.	0,5 pCt.
M.	23,6 —
B.	59,7 —
H.B.	15,2 —
U.B.	0,8 —

I Lister og Mandals Amt er saaledes *ingen af de forskjellige Grader af Brachycephalien saa talrig repræsenteret som i det tilgrænsende Distrikt af Stavanger Amt* (ca. 10 pCt. mindre), om end enkelte «Slængere» med extreibrachycephale Former kunne forekomme hist og her.

¹ Til Forklaring af Forkortelserne kan tjene:

H.D. = Hyperdolichocephaler.

D. = Dolichocephaler.

M. = Mesocephaler.

B. = Brachycephaler.

H.B. = Hyperbrachycephaler.

U.B. = Ultrabrachycephaler.

Sammenligningstabel.

I de 22 Bygder med brachycephal Middelindex (81,18)		I de 8 med mesocephal Middelindex (78,94)
Antal Undersøgte	751 Mand	262 Mand
D. ant. post. max. . . .	189,1	192,8
D. transv. max.	152,2	151,1
Index cephalicus	81,18	78,94
D. front. minim.	106,4	106,2
D. bizygomaticus	137,2	137,2
D. bimaxillaris	108,2	109,4
D. ophryo-alveolaris	90,7	91,9
Index facialis super. . .	65,9	66,4
D. naso-menthal.	119,0	120,7
Index fac. inferior . . .	85,1	87,7
D. capillo-menthal. . . .	185,8	187,0
Index facialis generalis	74,3	73,4
Longitudo nasi	48,5	51,4
Latitudo nasi	34,5	33,4
Index nasalis	70,9	66,1
Ansigtvinkel	71,1 ^o	71,4 ^o
Circumferentia capitis .	566	563
Middelhøide	170,3	170,7
Brystomfang	86,3	87,0
pCt. af Dolichocephaler	Quinær Inddeling <i>H.D.</i> 0,1 pCt.	Quinær Inddeling <i>H.D.</i> 0,3 pCt.
	<i>D.</i> 1,6 —	<i>D.</i> 9,0 —
Mesocephaler	<i>M.</i> 34,8 —	<i>M.</i> 54,0 —
Brachycephaler	<i>B.</i> 51,3 —	<i>B.</i> 35,0 —
	<i>H.B.</i> 11,3 —	<i>H.B.</i> 1,6 —
	<i>U.B.</i> 0,9 —	<i>U.B.</i> —»—
Rødt Haar	2,1 pCt.	2,7 pCt.
Lyst og blond Haar . . .	54,9 —	56,8 —
Mørkblond Haar	24,3 —	28,4 —
Mørkt Haar	15,0 —	10,7 —
Sort Haar	3,7 —	1,3 —
Mørkere Hud	12,1 pCt.	9,2 pCt.
Mørk Hud	1,8 —	1,3 —
Blandede Øine	15,5 pCt.	9,0 pCt.
Brune Øine	3,6 —	2,1 —

Inden de 22 Bygder med *brachycephal* og de 8 med *mesocephal* Index er de anthropologiske Forhold som paa Tabellen angivet.

De stærkest *brachycephale* Bygder anført efter Styrkegraden af deres Index er S. Undal, Bakke og Gyland, Lyngdal, Siredal og Holme med en Gjennemsnittindex, der bevæger sig mellem 82,30 og 80,09. Den stærkest *brachycephale* Index hos Enkeltmand var i Holme, 92,23 ($\frac{169}{183}$).

De 8 *mesocephale* Bygder er Eken, Grindum, Bjelland, Aaserall, Finsland, Øvrebø, Vennesla og Hægeland med en Gjennemsnittindex fra 79,52 til 77,90¹.

Den grafiske Fremstilling af Skalleindices for Lister og Mandals Amt paa Curvetabellen (Tab. I) giver derfor et eiendommeligt Billede, ganske forskjelligt fra Stavanger Amts.

Skallelængden i B.-Bygderne² var i Gjennemsnit 189,1 (i Dalerne 187,8), oscillerende mellem 186,0—191,4. Skallelængder over 200 mm. forekom hos 5,4 pCt. (Dalerne 4,3 pCt.). Ved den exceptionelle Skallelængde af 223 mm. (Bredde 145) i Hægebostad maatte Hovedet siges at være temmelig scaphocephalt deformeret af Naturen. Den mindste Længde var 171 i Halsaa (Bredde 144).

Skallelængden i M.-Bygderne var i Gjennemsnit 192,8, bevægende sig mellem 189,0—193,8 mm. Skallelængder over 200 mm. forekom hos 12,6 pCt.

Skallebredden i B.-Bygderne var i Gjennemsnit 152,2 mm. (i Dalerne 154,6) med Udslag fra 155,3—150, i den *mesocephale* 151,5, bevægende sig mellem 153,5—149,1. Skallebredder over 160 forekom hos 10,7 pCt. (i Dalerne hos 15,1) og over 170 hos 0,20 pCt. (Dalerne 0,29 pCt.), deriblandt den exceptionelle Bredde af 175 mm. (Længde 196) i Christianssand hos en Mand med ellers, som det syntes, normal Hovedform. Skallebredder under 140 hos 0,60 pCt., den mindste Skallebredde 136 (Længde 197) i Eikebygd.

Det vil heraf sees, at saavel den gjennemsnitlige *Skallelængde* i det hele som *Antallet af de extreme Skallelængder over 200 er tiltagne* ogsaa inden de *brachycephale* Bygder af dette Amt i Modsætning til

¹ Samtlige Indices saavel for Hovedet som for Ansigtet er angivne *ureducerede*, ligesom for Stavanger Amt. Jeg tror nemlig, man endnu ikke er paa det rene med, hvor mange Enheder man maa fratrække Indexen for det levende Hoved for at faa den tilsvarende hos det døde. De Undersøgelser, der er gjorte herover af Broca og Stieda, hvorefter 2 Enheders Fradrag skulle være nok, passer neppe. Det levende Hoved med sine blodfyldte Bedækninger, svulmende af turgor vitalis, maa give større Maal end Cadaverets med sine sammenfaldne blodtomme Bloddele.

² For Kortheds Skyld betegnes ved B.- og M.-Bygderne de med resp. *brachycephal* og *mesocephal* Middelindeks.

Dalernes, hvorimod Skallebredden er aftaget saavel i det Hele som i Antallet af de store Bredder over 160; altsammen viser altsaa, at ikke alene Brachycephalernes Antal er synkende, men ogsaa Brachycephaliens Grad.

I *Pandebredde* viser Tabellen, at Forskjellen kun er en Ubetydelighed mellem de brachycephale og de mesocephale Bygder, resp. 106,4 og 106,2 (Dalerne 107).

Pandens Retning var skraatliggende hos ca. 42 pCt., i svagere Grad hos 41 pCt., den skraa Pande var oftest at træffe i de mesocephale Bygder (43,7 pCt. mod 39,8), ret Pande forekom hos 17,4, hyppigst i de brachycephale Bygder (19,7).

Pandens Form fra Side til anden var i *B.*-Bygderne almindeligt fladere hvælvet, i *M.*-Bygderne med en stærkere Hvælving.

I *Kindbredden* (Diam. bizygomaticus) er der heller ikke nogen paatagelig Forskjel; den var i Gjennemsnit hos begge 137,2 (Dalerne 138,4).

Den udpræget smalansigtete Dolichocephal er nemlig ogsaa i dette Amt, som Tabellen jo viser, saa lidet repræsenteret, at hans Ansigtsform ikke kommer til at gjøre sig gjældende, — Mesocephalen derimod, der her spiller en betydeligere Rolle, er nemlig ofte ligesaa bredkindet som Brachycephalen¹.

I *Underkjævebredden* (Diam. bimaxillaris) var der lidt mere Forskjel, og Brachycephalerne have, som man kunde vente, ogsaa en større Afstand mellem de bagre Underkjævevinkler end Mesocephalerne, 109,4 imod 108,2 (Dalerne 108,2).

I *Overansigtslængden* (de Franskes D. ophryo-alveolaire)² er igen noget mere Forskjel, og her gjorde Mesocephalernes længere Ansigt sig gjældende med resp. 91,9 imod Brachycephalernes 90,7.

Det samme er ogsaa Tilfælde for *Tydskerne's Ansigtslængde* (fra Næserod til Hagens Underrand). Den viser ogsaa de mesocephale Bygdelags længere Ansigt med 120,7 imod 119,0.

De af disse Maal beregnede *Ansigtsindices* bliver derfor efter Fransk-mændenes Methode for de brachycephale Bygder 65,9, for de mesocephale 66,4, hvorefter hine altsaa efter Brocas Benævning bliver microseme (med relativt kort Overansigt) og disse mesoseme.

¹ Deraf at slutte, at Mesocephalien her kun er en Blandingsform af Dolicho- og Brachycephalerne, tør jeg dog ei indlade mig paa, da adskilligt tyder paa, at det her som Regel er en selvstændig Skalleform.

² Fra Øienbrynsbuernes Tangent til Overkjævens Tandrække.

Ansigtindexen beregnet efter den tydske Methode (Kollmann) giver for de brachycephale Bygder en Index af 85,1, for de mesocephale 87,7; ingen af dem hæver sig altsaa helt op til at være, hvad han kalder leptoprosope, om end de mesocephale Gebeters Folk er længere paa Vei, eller med andre Ord mindre chamæprosope, end de brachycephales.

Ogsaa efter *Ansigtslængden plus Pandehøiden* (D. capill. menth.) gjør de brachycephale Bygders Folks kortere Ansigt i Modsætning til de mesocephale sig gjældende — Gjennemsnitslængden for hine er 185,8, for disse 187,0.

Den saakaldte *Index facialis generalis*, beregnet af disse Tal efter den af mig under Stavanger Amts Beskrivelse¹ givne Formel (hvor jeg i Lighed med Længdebreddemaalet af Cranium sætter Ansigtslængden lig 100), giver henholdsvis for *B.*-Bygderne 74,3, for *M.*-Bygderne 73,4, idet man ved et længere Ansigt faar en aftagende Index ligesom for det længere Cranium. Jeg har anvendt denne Beregningsmethode, fordi jeg synes, den mest passer, naar man har med hele Ansigtet — ialfald hvad man i daglig Tale physiognomisk kaldes Ansigtet, hvortil Panden jo anatomisk talt ikke egentlig hører — at gjøre, og er i Overensstemmelse med Maalet for Skalleformen.

Da Kindbredden for de 2 forskellige Bygdelags Befolkninger jo var den samme, kan man derfor kun sige om de *dolicho-mesocephale Bygder i dette Amt, at de have et længere Ansigt*, hvad man ogsaa i Almindelighed vil kunne iagttage med Øiet.

Næselængden var ikke ubetydelig mindre for de brachycephale Bygders (48,5) end for de mesocephale (51,4); derved fremkom en Index nasalis resp. 70,9 og 66,1 (Dalerne 72,0), hvorefter altsaa de brachycephale bliver mesorhine, de mesocephale leptorhine².

Næsens Form var mest almindelig lige; concav Næse forekom hos ca. 14,2 pCt. og hyppigere i de mesocephale Bygder (18,0 pCt.); convex Ryg, altsaa lidt krum Næse, var ikke hyppig (3,5 pCt.), fandtes oftere i de brachycephale Bygder — lidt opstoppende Spids (nez retroussé) forekom hos 11,9 pCt., ligeledes mærkelig nok oftest i de brachycephale Bygdelag.

Ansigtsvinkelen (Jacquards) synes ikke at forholde sig væsentlig forskjellig hos de 168 Mand, der kunde blive undersøgt derpaa; den var i *B.*-Bygderne 71,1° og i *M.*-Bygderne 71,4° (Dalerne 70,5°).

¹ Stavanger Amts anthropologiske Beskrivelse, S. 17.

² Jeg maa benytte Leiligheden her til at rette en Trykfeil under Stavanger Amts anthrop. Beskrivelse, hvor der staar S. 17 leptorhin istedetfor mesorhin.

Hovedets Circumferents hos 168 Mand var i Gjennemsnit i *B.*-Bygderne 56,6 Cmt., hos 54 fra *M.*-Bygderne en Brøkdæl mindre, 56,3 (Dallerne 56,7). Saaframt man kan tillade sig at uddrage nogen Slutning af saa faa Tal, er altsaa, som ogsaa Virchow i sin Tid har bemærket, den brachycephale Skalleform mere gunstig for Hovedets Udvikling, hvad Capaciteten angaar.

Med Hensyn til *Haarfarven* kan man sige, at de *Haarnuancer*, hvor det blonde endnu spiller en Rolle, er talrigere repræsenteret i *M.*-Bygderne end i *B.*-Bygderne, der har flere mørke og sorthaarede.

Udpræget rødt Haar var heller ikke i Lister og Mandals Amt hyppigt (1,1 pCt.) og forekom ligesaa hyppigt i *B.*- som i *M.*-Bygderne; andre Nuancer af rødt (rødlighblond, rødbrunt etc.) forekom hos 16 pCt. Brunt var sjældent (0,50 pCt.).

Krøllet Haar var ogsaa i Lister og Mandals Amt sjældent (0,88 pCt.); lokket forekom hos ca. 2,9 og 2,8 pCt. i de 2 forskellige Bygdelag.

Skjæg væxten var noget svagere i *B.*-Bygderne, 27,2 pCt. med svag Skjæg væxt mod 21,3 pCt. og 21,3 pCt. mod 33,8 pCt. med kraftig.

Blaa Øine var det almindeligste — blandede eller neutrale (yeux moyens) forekom hyppigere i *B.*-Bygderne (13,5 pCt.) end i *M.*-Bygderne (9 pCt.). Det samme var Tilfælde med de brune, som forekom hos resp. 3,6 og 2,1 pCt. Graa og graablaa Øine forekom hos 1,3 pCt., væsentlig i *B.*-Bygderne.

Med Hensyn til *Ansigtsteinten* var den lidt mere pigmenteret eller rettere af den eiendommelige blegt graaliggule (af forskellige Aarsager ogsaa kanske rettere skiddengraagullige) Farve, som man ei sjelden finder i disse vestlandske Bygder, hos 12,1 pCt. i *B.*-Bygderne, 9,2 pCt. i *M.*-Bygderne, mørkere Nuancer (brunet Teint) hos resp. 1,8 pCt. og 1,3 pCt.

Man kan altsaa i Grunden sige, at som *Regel de mørkere Nuancer ogsaa af Øine og Teint er hyppigere forekommende i de brachycephale Bygder paa denne Kant af Landet* — noget, som ogsaa svarer til Forholdene i Stavanger Amt.

Hænderne i Vest-Agder er i Almindelighed store og brede; heller ikke Fodformen er synderlig smuk, og et enkelt Distrikt i Omegnen af Christianssand (Hægeland) er endog berygtet for sine stygge Fodformer.

Legemshøiden for 10 Aars Perioden 1876—1887 var 169,3 Ctm. hos 3336 Mand efter den officielle Recruteringsstatistik¹. De overrager altsaa med ca. 1 Ctm. Middelhøiden for Dalerne og er paa ganske lidt nær lig Middelhøiden i det egentlige Ryfylke («Fjordene»). Den største Høide for denne Periode var i Øvrebo og Hægeland (170,6), dernæst for Heddelands Thinglag (Oislebo, Laudal og Finsland) 170,5, samt for Bakke og Gyland 170,2.

Blandt 743 af mig personlig paa Sessionerne fra 1884—1893 undersøgte, for hvem Høiden ogsaa hos de Undermaals noiagtig er angivet, var Middelhøiden noget høiere (170,9). Høider under 160 Ctm. forekom hos 3,5 pCt. og over 180 hos 5,3 pCt. Efter Rankes Inddeling, der er nævnt under Stavanger Amt, fandt jeg blandt disse:

smaa	(under 162 Ctm.)	5,8 pCt.,
middels	(til 170 — 40,6)	—
store	(over 170 —)	47,8 —
meget store	(over 180 —)	5,8 —

Sammenlignet med Forholdene i Dalerne af Stavanger Amt vil det ses, at i Lister og Mandals Amt ere de smaa ikke engang Halvparten saa talrige som i Stavanger Amt, og, medens de middels der var de dominerende i Antal, er det her de store. *Der er altsaa foregaaet en ikke uvæsentlig Stigning i Legemshøide i Lister og Mandals Amt.*

Legemshøidens Forhold inden de brachycephale og mesocephale Bygder differerer ikke noget særdeles.

I de 22 <i>brachycephale</i> Bygder,		i de 8 <i>mesocephale</i> Bygder	
var. de smaa	6,5 pCt.		3,3 pCt.
middels	40,1 —		44,7 —
store	45,5 —		45,3 —
meget store	6,0 —		6,4 —

Der er altsaa noget færre smaa og noget flere middels i M.-Bygderne, men ellers ingen paatagelig Forskjel. — Den gennemsnitlige Middelhøide var ogsaa omtrent den samme, i B.-Bygderne 170,3, i M.-Bygderne 170,7.

¹ Den officielle Recruteringsstatistik's Angivelse af Middelhøiden kan ikke siges at være ganske korrekt Udtryk for denne, da Høider under 158 Ctm. ei kunne maales, fordi Maaleapparatet ikke er inddelt under denne Scala. De, som var lavere, hedder simpelt hen «Undermaalsmænd», men deres virkelige Høide faar man altsaa ikke opgivet; folgelig kan heller ikke Middeltallet for Høiden blive fuldt rigtigt, da *det kun kommer til at gjælde for dem, som virkelig holdt Soldatermaalet.*

Af *Heidefordelingen* hos de 743 Mand er gjort en grafisk Fremstilling (Tabel III), der i flere Henseender har Interesse og viser et noget tilsvarende Forhold af Curven som for Stavanger Amt. Ogsaa her er der Antydning til 2 Høidemaxima, et mellem 168—169, der repræsenterer de talrigste (for Stavanger Amt 1 Ctm. lavere), og et for 1,72 M. (der for Stavanger Amt danner Mellem- eller, som jeg antog, Blandingsformen mellem de to Yderpunkter); ligeledes har man den samme lille Stigning ved 164—166. For 399 Soldater fra 1876—1878, hvor det oprindelige dengang brugte Tømmemaal er reduceret til Ctm., faar Curvens Maximum det eiendommelige langstrakte Forløb, som efter udenlandske Autoriteter ogsaa skal være sikkert Tegn paa, at der foreligger Blanding af Folketyper med forskellige Høidemaxima¹.

Hvad *Legemsbygningen* eller *Staturen* inden Amtet angaar, da forekom, hvad man kunde kalde

firskaaren eller undersætsig Figur hos circa 6,5 pCt.

slank — — 16,7 —

Mellemting mellem disse to Former — 4,8 —

spædbyggede — 16,7 —

(Inden M.-Bygderne var der 6 pCt. færre spædbyggede og dobbelt saamange firskaarne som i B.-Bygderne).

Dette viser et ikke *ubetydelig slettere Forhold af spædbyggede end i Dalerne* (12,6 pCt.), og at Kvaliteten tiltrods for, at de er mere høivæxte, ikke er synderlig rar. Det fremgaar ogsaa yderligere af *Brystomfangets Forhold til Legemshøiden*, der hos 756 Mand var i Gjennemsnit 86,6 Ctm. og altsaa overskred den halve Middelhøide med kun 1,4 Ctm. Det samme Tilfælde forekom ogsaa i Dalerne, der desuden har mindre Middelhøide — medens Fordringerne til en nogenlunde vel udviklet Mand er, at Brystomfanget dog skal overskride den halve Middelhøide med mindst 2,5 Ctm. I Brystomfangets Forhold til Legemshøiden stiller ogsaa B.-Bygderne sig lidt svagere end M.-Bygderne; der var saaledes hos de første kun 1,2 Ctm. Overskud, hos de sidste 1,7 Ctm. over den halve Legemshøide.

Det bekræftes altsaa direkte herved, hvad ogsaa Erfaringen tilstrækkelig har lært, at *Vest-Agders Befolkning i det hele ikke kan siges at være synderlig kraftig udviklet i fysisk Henseende* — den er i Almindelighed ogsaa lidet seig og udholdende under fysiske Anstrængelser og gir sig snart over, da den mangler den Energi og Viljekraft, der i andre Bygder af og til kan bøde lidt paa Kræfterne.

¹ Fortsatte Bidrag til Nordmændenes Anthropologi, Stavanger Amt, S. 53.

Amtets fysiske Svaghed giver sig ogsaa tilkjende i *Militærdygtigheds*procenten, der tiltrods for flere større og færre smaa dog staaar adskilligt saavel under Stavanger Amts som Rigets Militærdygtighed i det hele. Militærdygtighedsprocenten i Lister og Mandals Amt for Perioden 1878—1887 var kun 52,8 pCt. (Dalerne 55,6), Landets Middeldygtighed i samme Periode var 55,3 pCt.

Den *geografiske Fordeling* inden Amtet frembyder ogsaa visse Eiendommeligheder, der danne Undtagelse fra, hvad man i Almindelighed — paa Østlandet ialfald — finder, nemlig at *Fjeldbygderne her staaar høiest*, som man er saa tilbøielig til at antage, men som dog kun undtagelsesvis finder Sted, og her indtager den fattige Fjeldal Siredal den høieste Plads (69,2 pCt.), derefter kommer det ligeledes fattige Aaserall (65,5 pCt.), der begge ogsaa viser et stærkere overskydende Brystmaal (3,6 og 3,3 over den hele Hoide), og saa Bjelland med Grindum (63,8 pCt.) — tildels altsaa væsentlig Mesocephalbygder, paa Siredal nær¹. De Byer indbefattende Thinglag staaar her som over det hele Land meget lavt, Flekkefjord og Fedde med Landdistrikt 39,7 pCt., Vanse med Farsund 39,2, Mandal med Halsaa og Hartmark 42,9, Christianssand 42,1². *De ytre Dalbygder staaar omtrent 10 pCt. lavere med Hensyn til Dygtighedsziffer, end hvad jeg her har kaldt Fjeldbygderne* dvs. de indre Dalbygder, endskjønt neppe de naturlige Forhold og Frugtbarheden der er bedre. Den *geografiske Fordeling af Militærdygtigheden viser sig altsaa ogsaa her uafhængig af Naturforholdenes mere*

¹ Den officielle Statistik for Militærdygtigheden tillader ingen Deling mellem de brachycephale og mesocephale Bygder, da de tildels er slaaede sammen; men da de mesocephale Bygder væsentlig er Fjeldbygder, viser altsaa ogsaa disse herved sin fysiske Overlegenhed.

² Man har staaet i den Tro og slaaet sig til Ro dermed, at de bedste Kræfter fra Kystbygderne og Byerne gik til Sjørullen, og at Landetaten kun beholdt Resterne — Skrabet —, og at derfor Dygtighedsforholdene var saa slette i Kystbyerne, fordi Militærstatistiken kun har disse til Objekt. For at faa selvstændigt Syn herpaa fulgte jeg derfor med paa Sosessionerne i Jarlsberg og Laurvigs Amt ivaares; men det viste sig da, at den Forudsætning slet ikke holdt Stik. *Sjefolkene fra disse ogsaa i Militærdygtighed lavt staaende Distrikter udmærkede sig fysisk i ingen Henseende fremfor dem, der mødte ved Landetatens Sessioner.* Det maa jo ogsaa erindres, at en stor Del af dem, der gaar tilsjøs fra vore Kystbyer og Bygder, komme fra smaa og fattige, men i Almindelighed meget børnerige Hjem og derfor er sent og svagt udviklede. Arbeidet tilsjøs for en saadan Unggut, der endnu er temmelig lidet udviklet i Confirmationsalderen, er ogsaa temmelig strengt, det sinker deres Udvikling og gjør, at de endnu i 22 Aars Alderen ser spæde ud; men træffer man dem igjen i 25 Aars Alderen, vil man finde noget andet og ofte smukt og harmonisk udviklede unge Mænd.

eller mindre Frugtbarhed; dog er det muligt, at den indre Dalbefolknings megen Færden paa Heierne om Sommeren kan bidrage til en kraftigere Legemsudvikling hos disse.

Speciel Beskrivelse.

Allerede strax man kommer over Sireaaen, blir man nødt til at foretage denne tidligere nævnte *Tredeling af Folketyperne*. Her har man saaledes Kystbefolkningen i Næs, Hitterø og Flekkefjord Landsogn, den ytre Dalbefolkning i Bakke og Gyland og den øvre i Siredalen, og for alle tre er der ikke alene betydeligere Forskjel i de 3 Skalleformers procentvise Forekomst, men ogsaa i *Charakter og Gemytsliv*. I samtlige Bygdelag er vel Brachycephalerne de dominerende i Antal (64—80 pCt.), men i Kystdistriktet er Mesocephalerne dobbelt saa talrige (33,3 pCt.) som i de to andre Dele. Dolichocephalerne spiller alle tre Steder kun en ubetydelig Rolle og udgjør kun en ringe Procent af Befolkningen (4—9 pCt. efter Brocas Inddeling, se Tabel I.). Det isolerede Dalføre, *Siredalen*, er dog det, som saavel i typologisk som i aandelig Henseende skiller sig mest fra sine Naboer. Om end Skalleformerne forekommer i omtrent samme Proportion som i Bakke og Gyland, danner alligevel *Siredølen en temmelig stærk Modsætning til sine nærmeste Naboer udenfor*. Han er saaledes mere mørkblond end disse og har hyppigere en noget mørkere Ansigtsteint end de to ytre Bygder, derhos ogsaa en mere skraatliggende Pande. Hans Nabo mod Syd, Bakkesognen, er derimod i sin Helhed mere lysblond og blond og har noget lysere Hud, men tillige flere rent mørke Folk, ligesom de hyppigere forekommende blandede og brune. Øine tyder paa, at Befolkningen der er mer sammensat. Den typiske Forskjel viser sig dog kanske mest blandt Kvinderne, der i Siredalen har langt fordelagtigere Udseende, ei sjelden ere vakre med et noget rundagtigt, godlidende Ansigt med et lyst Udtryk og muntert Sind, velformet Mund, smukke Tænder og smaa Hænder og Fødder. Siredølen er forholdsvis godt bygget (kun 6,2 pCt. spædbyggede) med Folk mest af Mellemslaget og som nævnt den høieste Dygtighedsprocent i hele Amtet.

Bakke og Gyland har betydelig flere spædbyggede (17,8 pCt.) og frembyder mere uregelmæssige Kropformer. I aandelig Henseende er Forskjellen ikke mindre mærkbar, og Siredølen danner her en stærk Modsætning til denne sin Nabo. Han er saaledes langt kvikkere og

livligere i Tale end denne, er mere aaben og frittalende og ikke saa forbeholden og reserveret. Ligeoverfor Reisende er han venlig og medgjørilig og tiltrods for sin Hjembygds Fattigdom gjæstfri, ja efter sine Forhold endog flot og spendabel og tager det ikke saa nøie med Pengene; men som Følge deraf er han ogsaa ofte forgjældet og har udhugget den Smule Skov, han kan eie. Han siges imidlertid at være lidet arbejdsom og heller ikke synderlig udholdende, dog driver han nogen Husflid med Forarbejdelse af Tøndestav og Sildetønder; forøvrigt er han væsentlig henvist til sine gode Fjeldbeiter som Indtægtskilde. Om Sommeren flytter han derfor med Familie «tilheis», og Dalen kan da fra St. Hans indtil Begyndelsen af August være næsten ganske folketom; kun skrøbelige Gamle ere blevne igjen.

Bakkesogningen derimod har ganske de modsatte Charakteregenskaber. Han skildres som smaalig, «knægen», paaholdende indtil Gjerighed, tvær og lidet imodekommende, naar han ikke er sikker paa Skillingen, tiltrods for, at han i Almindelighed er en forholdsvis velholden Mand. Til hans Undskyldning maa dog anføres, at Bakke Sogn er en Gjennemgangsbygd fra Østland til Vestland, hvor der færdes mangfoldige Folk af forskjelligt Slags, og hvor derfor Kravene fra alle de Veifarende i Længden kan blive altfor besværlige.

Han anses for at være mere arbejdsom og ialfald mere udholdende i, hvad han tager sig fore, end Siredølen.

Siredalens søndre Ende er optaget af det circa 27 Klm. lange Siredalsvand, der nu befares af en liden Dampbaad. Det har meget steile Bredder, langs hvilke ingen Veiforbindelse, og da Vandet om Vinteren ofte ligger med Menis og har slemme Raaker, er Dalen ad denne Vei ei sjelden ganske afstængt fra Udenverdenen. Forøvrigt strækker den sig som et langt, smalt, for største Delen skovfattigt, temmelig ensformigt og trist Dalføre, omgivet af nogne, høie Fjelde i næsten ret nord — sydlig Retning saa langt op i Fjeldmassen, at den øverste Gaard kun ligger $2\frac{1}{2}$ —3 Mil fra Bunden af Lysefjorden i Ryfylke, hvorfra ogsaa Dalfolket tiltrods for den svære og steile Opstigning fra Lysebunden alligevel, ialfald tidligere, før de fik Dampskib paa Vandet, for største Delen tog sit Korn, Salt og andre Byvarer.

Paa Grund af disse Naturforhold saa nær til Ryfylke i Vest er det ikke usandsynligt, at *dette har bidraget mere til denne Dals Befolkning end de udenfor i Syd liggende Bygder*, og i sin ovenskildrede Charakter har de jo ogsaa ligesom et lidet Gjenskin af det noget lysere Gemytspræg, som udmærker Ryfylkingen fremfor de andre Bygder i Stavanger

Amt; thi Dalens Fattigdom og Tristhed, blottet, som den er, for Skov, synes vanskelig at kunne betinge en saadan Charakters Udvikling.

Disse Egenes Hovedstad, *Flekkefjord*, fremviser noget flere Dolichocephaler end ellers almindeligt saa langt paa denne Kant af Landet (ca. 18 pCt.), der vel er tiltrukne andensteds fra af Bylivet og den Forretningsvirksomhed, der engang spillede en saa vigtig Rolle her (Garverierne); men til Gjengjæld er den fattig paa Mesocephaler, der derimod ere talrige i de nærmeste Landsogn, Næs og Hitterø (33,3 pCt.), der i denne Henseende frembyder Lighed med Liknæs i Kvinesdal.

Det lille Ladested Fedde ved Fjorden af samme Navn synes igjen væsentlig at huse Brachycephaler med meget høi Index, men Iagttagelserne fra disse 2 Smaastæder er jo ikke talrige, da det naturligvis var vanskeligt i dem at opdrive Ætter, der for begge Forældres Vedkommende vare fødte i Byen, da Byerne jo væsentlig befolkes af Indflyttere fra Landet. At Befolkningen er temmelig krydset, fremgaar af de mange med blandede Øine. Den Contingent, som fra disse Bydistrikter leveres til Sessionerne, er just ikke synderlig rar; ved Sessionerne 1884—1893 havde 25 pCt. af mig faaet Betegnelsen spædbyggede.

Fra Feddefjorden af synes, som allerede nævnt under den generelle Beskrivelse, en ny Tilblanding at indtræde i den sædvanlige vestlandske Folketype, idet en mere *slankvoxen* saadan begynder at gjøre sig gjældende; man mærker den allerede i Flekkefjords Landsogn, og samtidig foregaar der den omtalte Nedgang i Brachycephalernes Antal, der synke til 60 pCt. med tilsvarende Stigning af Mesocephalerne med 10—15 pCt., hvorimod Dolichocephalerne kun er i ubetydeligt Tiltagende. Især gjør dog denne slankvoxne Type sig gjældende i Liknæs og Kvinesdal og fortsætter sig østover til og med Mandalen, hvor den har sit stærkeste Udtryk i den slankvoxne Aaseralling.

Kvinesdal frembyder ogsaa flere Typeeiendommeligheder — Haarfarven har her mere mørkere Nuancer (mørkblond og mørk) og Teinten den tidligere omtalte eiendommelige graaliggule Tone. Kvinesdølen er ogsaa raskere, kvikkere og livligere af Væsen end ellers almindeligt herborte og har ogsaa Ord for at være arbejdsom og nøisom — hans almindelige Kost, Takkekager af Poteter og Havremel, bages op om Høsten for Vinteren — men de have et strengere og butttere Ydre end deres nordligere Naboer, den venlige Fjotlænding. Han er ogsaa af en stridbar Natur, og naar der var noget Opstyr i Stavanger Bataillons Leir, hvorhen de hørte, vare som oftest Kvinesdøler eller Siredøler Op-havsmændene.

Kvinesdal (Hvin) omtales tidlig i vort Lands Historie; her boede saaledes paa Halfdan Svartes Tid Skalden Tjodolf med Tilnavnet den Hvinverske, Hersen Grim, den mægtige Øndott Kraaka m. fl. Beboerne af Hvin kaldtes Hvinverjar, og herfra maa en ikke ubetydelig Udvandring til Island i sin Tid have fundet Sted, idet endog en Dal paa Sønderlandet, Hvinverjadal, har faaet Navn efter Nybyggere herfra.

I en lidt østligere Sidedal til Kvinesdal ligger den isolerede Bygd *Fjotland*, der tidligere hørte som Annex til Hægebostad i Lyngdal. Denne Bygd danner ogsaa i typisk Henseende noget for sig uden at have synderlig tilfældes med sine Nabobygder i Syd eller Vest. Befolkningen er i overveiende Grad blond og danner i saa Henseende Mod-sætning til Kvinesdølen, der er mørkere; derimod er den omtalte gulgraa Hudfarve noksaa hyppig hos Mændene. Dolichocephalerne er her dobbelt saa talrige som i Kvinesdal, og det eiendommelige vestagderske Forhold, at Dolicho-Mesocephalerne ere talrigere, naar man kommer til den øvre Dalbefolkning, begynder her at vise sig. Folket synes saavel paa Grund af dette Forhold som efter de talrigt forekommende blandede Øine (14,4 pCt.) at dømme at være adskillig sammensat — det røde Haar er heller ikke her saa sjældent som ellers i disse Egne (4 pCt.), men Fjotlændingen er ogsaa meget omvankende af sig og færdes paa Arbeide selv i fjerntliggende Bygder, da de har Ord for at være arbeidsomme, nøisomme og paalidelige, og fra disse sine Færder kommer de da ofte hjem med Hustruer fra de forskjelligste Kanter. Det samme er ogsaa Tilfældet med deres Kvinder, der ofte søger Tjeneste langt fra Hjemmet og udmærker sig ved sit takkelige, pene Væsen — de gjøre derfor i Almindelighed ogsaa Lykke i de Bygder, hvor de kommer og blive godt gifte. Det er nemlig det samme Tilfælde med Fjotland og Kvinesdal som med Siredalen, at man der finder vakrere Kvinder end i Bygderne udenfor, og især ere da Fjotlands fordelagtig bekjendte.

Imellem Listerfjorden, hvis indre Fortsættelse er Feddefjorden, og Helvigsfjorden, der gaar ind forbi Farsund, skyder Listerhalvoen sig ud i Havet, kun forbunden med Fastlandet ved det smale Listeid og forøvrigt ogsaa adskillig udskaaet af flere mindre Fjorde. Det flade, kun lidet over Havet hævede Forland, som man i Almindelighed benævner *Listerland* med sin eiendommelige Natur, der er sammenlignet med en «Stump af Jyllands Hede, som har klynget sig op til Norges Fjelde», gjør et underligt, fremmedartet Indtryk paa den Reisende. Med sine Lyngmoser, sine flade Marker gjennemskaarne af næsten strømløse Aaløb, sin eiendommelige, halvt landsbymæssige Bebyggelse i store Grænder

minder det meget om Jylland, hvis man ikke som Baggrund havde den ægte vestlandske, nøgne og træløse Fjeldgruppe, Listerlandets «Heier», som alle disse vestlandske lave og i Almindelighed temmelig skovbare Aaser kaldes. *Listerland*, hvoraf Constantius Flood har leveret en saa karakteristisk Skildring¹, synes, som allerede nævnt, i den forhistoriske Tid at have været forholdsvis tidligere og tættere bebygget end kanske nogen anden Del af Vest-Agder; derpaa tyder dets talrige Stenalderfund og ikke mindre end 7 Bopladsfund, ligesom ogsaa Bronze- og ældre Jernalder er temmelig talrig repræsenteret. De talrige Bygdeborge i Listerlandsheierne viser ogsaa, at Befolkningen ikke har manglet Sammenhold og Modstandskraft, men ogsaa været forholdsvis talrig. Her laa i Middelalderen ogsaa flere store Herresæder som Huseby, Hananger (Heinanger), Lunde (Lundegaard) og Sunde, der dog nu i mer eller mindre Grad ere udstykkede, og Egnen er i det hele forholdsvis tæt befolket. Det indbefatter Præstegjældet Vansø (det egentlige Lister) med Herred samt Kjøbstaden Farsund.

Befolkningen er overveiende brachycephal (66 pCt.) med isprængte Mesocephaler (24 pCt.) og Dolichocephaler (10 pCt.), og de talrige blandede Øine (29 pCt.) tyder jo ogsaa paa temmelig stærk Tilsætning af fremmede Elementer. De rødhaarede er her talrigere end almindeligt (5,1 pCt.), og endskjønt blondt Haar er det overveiende, er der dog 29 pCt. med mørkt Haar. Ansigtsvinkelen er den lille (under 70°), som er vanlig blandt vor Kystbefolkning paa Vestlandet, og Ansigtet (fra Næse-rod til Hage) synes ogsaa længere end almindeligt, hvorved den for Kystbygderne store Ansigtindex af 86,6 fremkommer.

Befolkningen er en Blanding af Sjø- og Landbønder, idet de i en forholdsvis ung Alder forlader Sjøen, som de rigtignok ogsaa begynder tidlig nok paa, og slaar sig ned paa den hjemlige Strand som Fisker, Skibsrheder eller Landmand alt efter Evnerne, økonomiske Forhold og Omstændighederne forøvrigt.

Militærdygtigheden er ringe og Dygtighedsprocenten her lavere end i nogen andel Del af Amtet (39,2 pCt.), men som Sjømænd og Fiskere roses de som ihærdige og dristige og uforsagte, ikke vigende for noget-somhelst Besvær eller Fare², ligesom de ogsaa have Æren af at være Opfindere af den bekjendte Baadform, Listerbaaden, der holder paa at fortrænge vore øvrige gamle Baadformer. I Listerhalvøens østlige Del ligger de bekjendte Udhavne Lodshavn (Lushavn), Ekvaag og Hummerdus

¹ C. Flood, Listerlandet, Christiania 1876.

² E. Sundt, Fiskeriets Bedrift, S. 21.

(Unnardys), der danne velkomne Tilflugtssteder for Skibe, der komme ud for Paalandsstorm under Passagen af Listerlandets farlige, stenede Rev, der er ligesaa berygtet som Jæderens og har Ord for ikke at slippe, hvad det engang har faaet i sin Favn. I den første af disse skal Indgiftet (Indavl) være meget stærkt og Følgerne deraf heller ikke udeblevne, idet Frugtbarheden er ringe, Afkommet væsentlig feminint og et forholdsvis betydeligt Antal af Idioter, døvstumme og blindfødte, ligesom Befolkningen er tung og træg og den kvindelige Befolkning beskyldes for at være noget «jaalede». I det ret overfor liggende Ekvaag er der intet deraf, og der ere ialfald blandede Ægteskaber almindelige.

Paa Halvoens Østside har man da den lille Kystby *Farsund*. Naar man østenfra kommer til denne By, er det, ligesom Vestlandet med sin eienommelige og i Karakter saa meget fra Østlændingen forskellige Befolkning med en Gang træder En imøde; thi Christianssand og Mandal danner dog endnu tildels Overgangssteder fra Østlandet om end med sine Egenheder, men her har man Vestlandet med en Gang rent og uforfalsket.

Enhver nogenlunde skarp Iagttager vil ikke undlade, naar han tager sig en Spadsertur paa Fiskebryggen og Torvet, at blive opmærksom paa den torvsøgende Befolknings forskellige Væsen og Optræden. Det er ikke længere den brede, noget brautende, men tilsyneladende saa troværdige, af og til nok temmelig raae, men djærve østlandske Maner, for hvem ingenting staar fast, heller ikke den halvt indsmigrende, halvt overlegent protegerende eller noget forlorne Veltalenhed fra Christianssand. Der høres her ingen raa eller hoiøstet Tale; de venlige, godslige, høflige Folk med alle de gammeltestamentlige Navne, hvor især de store og smaa Profeter har Fortrinnet, færdes roligt smaaputrende omkring med et vist velopdraget, «pynteligt», stilfærdigt, kanske noget smaapuslet Væsen. Physiognomiernes Udtryk er det udpræget vestlandske, Ansigtprofilen ikke saa skarp som paa Østlandet og Udtrykket kanske derfor ikke saa energiskt med det lidt sky, vigende Blik. — Deres Kvinder ser imidlertid ikke ilde ud, af og til fine Træk især hos de mørke, og hvad der ellers er saa sjældent hertillands, ofte med smuktformet Mund.

Ligeoverfor Listerhalvøen mellem Helvigs- eller Farsunds-fjorden i Vest og Rosfjorden i Øst skyder atter en af Vest-Agders talrige Halvøer ud, men betydelig smalere og mindre; det er det bjergfulde *Spind*, Annexet til Herred. Om disse to Sogne, Annexet og Hovedsognet, siger Folkevittigheden, at »i Spind slipper ingen ind«, og »i Hera vil ingen vera«, der vel skal betyde, at man med Iversyge passer paa ikke at forøge disse smaa Sognes allerede betydelige Fattigbyrder ved

nye tvivlsomme Indflyttere. Det passer forsaavidt ogsaa, som det synes, at kun ganske faa Dolichocephaler er sluppet ind i disse af Naturen saa tarveligt udstyrede Bygder, medens Mesocephalerne omtrent forholder sig som vanligt (nogle og 20 pCt.); dog er der adskillige Tegn til Blandinger, da der var over 7 pCt. brunøiede og 14 pCt. med blandede Øine.

Spindsfolkene ere ligesom Listers meget søgte som Sjøfolk, da de har Ord for at være paalidelige, tro og pligtopfyldende og koldblodige og rolige i Faren, om end ei netop saa raske. Tidligere seilede Befolkningen meget Kysten rundt med Brændevin, hvilket gjorde, at Drukken-skab var meget udbredt — dette er dog ikke nu længer Tilfælde¹. Der er en noget skarpere Dialektgrændse mellem Spind og Lister, af hvilke de første have et skurrende *r*, som de andre mangler; ogsaa mellem Herred er der nogen, men mindre Dialektforskjel.

Helvigsfjorden fortsætter videre i nordøstlig Retning som Lyngdalsfjorden ind til den ægte vestlandske Dal, *Lyngdal*, hvoraf C. Flood ogsaa har leveret en saa god og tiltalende Beskrivelse².

Den gaar som næsten alle disse større vestagderske Dalfører i syd— nordlig Retning, temmelig jævnsides med Kvinesdal, hvorfra den er skilt ved et circa 2 Mil bredt Fjeldparti (hvorover tidligere meget tung og besværlig Vej) og har som disse Navn efter den Elv, som gennemstrømmer den fra Lygnevandet³.

Endskjønt Jordbunden i den ydre Del — Aa Sogn — er sandig og skrind og synes lidet indbydende til Dyrkning, har dog Dalen efter Gravfundene været tidlig og noksaa talrig befolket i de forhistoriske Tider, og i Dansketiden har ogsaa flere conditionerede Folk boet her; den er nemlig bekjendt for sit sunde Clima. Trods dette bærer Dalens nuværende Bebyggelse et mærkeligt Præg af manglende Sands for Orden og Planmæssighed — næsten alle Huse ligge saaledes mere eller mindre skjævt saavel til Dalstrøgets Retning som til den Dalen gennemskjærende Landevei og Udhusene indbyrdes igjen i de forskjelligste Vinkler til hinanden. Først naar man kommer op i det øvre af Dalen, synes en større Regelmæssighed at indtræde i Husenes Gruppering til hinanden;

¹ Fra denne Tid skriver derfor en hel Del af Billedhugger Skeibroks bekjendte Skrøner og Listerhistorier sig.

² C. Flood; Fra Fjeldet og Skjærgaarden. Christiania 1879, S. 65.

³ Hvis ei dette Vands Navn var, kunde man kanske fristes til at tvivle paa, at Dalens Navn kommer af den Elv, som gennemstrømmer den; thi Dalbunden er, hvor den ikke holdes under Dyrkning, stærkt tilboielig til at overgroes med *Lyng*. Den skal alligevel, efter hvad der er mig fortalt, levere en forbausende fed og god Melk.

men her ere de igjen ofte umalede og gjøre et trist, skummelt, fattigsligt og ofte skiddenagtigt Indtryk. Som dette ydre Indtryk af Dalens Bebyggelse er forskjelligartet, saaledes er ogsaa Befolkningen i sin Sammensætning temmelig uensartet. Den ydre Del, det egentlige *Lyngdals* Præstegjæld, der bestaar af det paa en Halvø beliggende Austad Annex samt Aa og Kvaa, har en overveiende brachycephal Befolkning (58 pCt.) med den sædvanlige Tilsætning af Mesocephaler (27 pCt.) og lige til 15 pCt. Dolichocephaler.

Befolkningen her faar ikke noget godt Skudsmaal af dem, som have levet længe sammen med dem og kjende dem tilbunds, ja Dommen er saa haard, at jeg næsten nærer Betænkelighed ved at sætte den paa Prent, hvis den ikke skrev sig fra en Mand, der havde levet sin meste Tid der, og som var meget afholdt af Befolkningen:

«Lyngdolen er en *reserveret, helt igjennem forbeholden* Mand, som ikke nogensinde siger sin Mening helt ud — det maa man altid erindre — derhos i hoi Grad *mistroisk og mistænkelig*, hvilket staar i Forbindelse med hans Forbeholdenhed, derhos *daddel- og klandresyg* i hoi Grad, endvidere *upaalidelig* saavel i Løfter som i Pengeaffærer, i hoi Grad *misundelig*, har *ingen Følelse af Taknemmelighed* for beviste Velgjerninger, ialfald er det mærkværdig snart glemt, *hævnjerrig og hadefuld* for den mindste Ting, som han tror er Fornærmelse, men han bærer Naget hos sig i sin indesluttede, feigt anlagte Karakter. Som det eneste Lyspunkt i denne saa strenge Karakteristik, og som synes at indeholde i sig en Selvmodsigelse, kan nævnes deres *store Hjælp-somhed indbyrdes i Nød, Ulykker og Trængsler*, hvor de udsætte sit Liv og Gods for at hjælpe andre.» Det synes altsaa, som saa ofte ogsaa mærkes i den norske Folkekarakter, at naar det virkelig gjælder, da betænker man sig ikke paa at yde den Hjælp og vise den Sympathi, som det ellers til dagligdags synes at skorte saa meget paa. For 25 Aar siden var Aa Sogns Befolkning meget raa og «uden Opførsel», som Almuen siger; nu er heri skeet store Forandringer.

Amtnmand Holm skriver endvidere om Lyngdalsbefolkningen¹: «Folkets Tænkemaade i dette Sogn er ikke altfor rosværdig; man finder kjendelig, at de viger fra Oplandsmanden saavel i Manddom som i godgjørende Egenskaber, hvoraf endnu noget kan findes tilbage fra Alderdommens Tid.»

I det ovenfor liggende Præstegjæld *Hægebostad* er Brachycephalerne gaaet ned til 48 pCt., medens Mesocephalerne er steget over det vanlige her vester (35 pCt.), hvorimod Dolichocephalerne er mindre talrige

¹ Topogr. Journal for Norge, H. IX, S. 52.

(13 pCt.). Grændsen mellem dette Præstegjæld og Kvaas dannes af et Pas ved Gaarden Gysland, hvorigjennem Veien tidligere gik, der bærer det eiendommelige Navn «Danefaldet», og hvorom verserer en gammel Tradition omtrent i Lighed med Sinclairstoget, at her skal have staaet en seirrig Kamp mod Danerne.

Befolkningen i Hægebostad er mere undersat end Lyngdalsfolkene, der er spædere og mere slankbygget; ligeledes har de mere skraatliggende Pander, ligesom Opstoppernæse forekommer her langt hyppigere (25 pCt.) end ellers i Dalen, medens i Lyngdal Næsen ei sjelden er svagt convex med Bukkel paa Midten.

Medens altsaa Hægebostad skiller sig i typisk Henseende adskillig fra Lyngdal, danner igjen det til Hægebostad hørende Annex *Eken* eller *Eikebygd* saavel ved sin craniologiske Sammensætning som ved Befolkningens Typus og Karakter en mærkelig og eiendommelig Modsætning til Hovedsognet.

Brachycephalerne er her sunket end yderligere og udgjør kun 39 pCt., Mesocephalerne ere atter komne op til sit vanlige Procentforhold (27 pCt.), medens derimod Dolichocephalerne til at være paa denne Kant af Landet er steget til det usædvanlige Antal af 31,1 pCt. I typisk Henseende er der ogsaa flere Forskjelligheder. Saaledes er Panden her langt hyppigere skraa end selv i Hægebostad, som jo igjennem Blanding er adskillig beslægtet; dertil er den ikke ubetydelig smalere, Baghovedet ogsaa smalt — noget, som jo følger Dolicho-Mesocephalerne hertilands — og Ansigtet smalere. Næseformen er lige med Bukkel eller svag Opstoppernæse, ei saa sjelden concav. Derhos er det røde Haar langt hyppigere end ellers her vest (9,7 pCt.), men alligevel er ikke Befolkningen netop saa blondhaaret som i de ytre Bygder, men har talrigere mørkeblonde¹. Eikedølen er mere rødlet i Ansigtet og har friskere Hudfarve, ikke saa ofte den gulliggraa Teint, som ellers er noksaa almindelig udenfor, ligesom der ogsaa er færre blandede Øine. I Militærdygtighed staar de næsten 19 pCt. over Lyngdalsfolket.

Idet Hægebostad i anthropologisk Henseende danner etslags Overgangsled og tildels er en Blandingsbygd, skiller Ekedølen sig stærkt fra den øvrige Lyngdalsbefolkning i Karakter. Medens saaledes Befolkningen i Agder i Almindelighed i en mærkelig Grad er baade legemlig og aandelig veg, ømfindtlig og lidet modstandskraftig, er Ekedølen i begge Henseender

¹ I Eikebygd synes Tiltagen af de mørke Haarnuancer at skyldes Tilblanding af et Element, der har mørkere «Complexion», og som neutraliserer Dolichocephalernes ellers almindelige Blondhed.

langt mere haardfør og kraftig, af og til rigtig en Hardhaus og derfor som Soldat langt mere udholdende og stærkere. Hans Gang er dog tungere end Lyngdølens — ogsaa et Særpræg, som hertillands følger Dolicho-Mesocephalerne i Almindelighed. Dertil har han noget mere freidigt over sig, et djærvare og kjækkere Væsen, af og til ogsaa temmelig stridigt og stivt Gemyt, er vildere og raaere end det ytre Dalefolk og paa Grund af sin Stridbarhed og mindre Ædruelighed temmelig tilbøielig til Slagsmaal og til i disse at bruge Kniv. C. Flood siger om dem¹: «Det gjælder vistnok for en Skam, at en Mand ikke kan klare sig med Næverne, men undertiden hænder det alligevel, at Kniven kommer af Sliren — og den bæres i Eken ogsaa altfor beleiligt, nemlig midt paa Livet, til at det ikke skulde blive Tilfælde, og kommer det engang dertil, bruges den med Fynd og Klem. Ædruelighed horer desværre heller ikke i Almindelighed til Ekedølens Dyder. Fra umindelige Tider har Folket heroppe havt en sørgelig Hang til Brændevinsdrik, og det mangler heller ikke, at dette har havt sin bedrovelige Indflydelse paa Befolkningens Sæder, Velvære og Sundhed. Folk ældes ogsaa mærkelig tidlig i Eken, mod hvad der sædvanlig pleier at være Tilfælde i Fjeldbygderne. Ved Siden af enkelte rene Skjønhestyper træffer man en kvindelig Befolkning af et mærkeligt gammelagtigt Udseende. Til lige ligger der over de gifte, selv unge Koner, en vis Træthed og et ydre Sløvhedspræg, som maaske for en Del søger sin Grund i et Slæbeliv; thi Kvinderne gaa i mange Slags Arbeide, f. Ex. med Langljaa Side om Side med Mændene, men Hovedaarsagen er dog visselig Brændevinsdrikningen. Mærkeligt nok synes Libationerne at have efterladt Spor af mere legemlig end aandelig Art. Med Hensyn til Forstandsevner finder man nemlig i Eken et særdeles vel udrustet Folkefærd; kvikke i Ord og Tale med en udpræget Evne til »Ordkastning», hvori de kan være vittige og morsomme, adskiller de sig paafaldende fra Befolkningen i de lavere Bygder. Frimodigheden ligeoverfor fremmede er næsten overraskende; man vænnes rigtignok, efterhaanden som man kommer op igjennem Dalen, til imellem at finde nogen Modsigelse og nogen Selvstændighed istedetfor den bestandig gjennemførte Undvigen og Indrømmelse af enhver Paastand, smagelig eller usmagelig for Vedkommende, man henvender sig til, men i Eken gjør man pludselig et helt Sprang; der finder man Folket besjælet af en sand Modsigelses- og Oppositionslyst, som er ganske curios, da Vedkommende som sagt plæderer sin Sag paa den flotteste og mest ugenerte Maade -- og det

¹ 1. c. S. 79.

synes at gaa igjennem alle Aldre og Kjøen. Unggutter og Jenter bliver ligesaa lidt sine Svar skyldige som de ældre. Det gjælder imidlertid her: «Kvikka til odygd, men trøga til Lærdom», thi i den sidste Henseende staar det ikke rart til i Bygden, naar undtages Lovkundskab, som Befolkningen særlig har lagt sig efter. I gamle Dage skal Bæltespænding have været en yndet Maade til at afgjøre Tvistigheder paa, men, som forhen bemærket, er Opinionen nu imod Anvendelsen af skarpe Vaaben som noget uværdigt for stærke Karle, og selv Slagsmaal med Næverne hører for Tiden ikke ganske til god Tone, skjønt det taales og og finder Sted under Gilder i Bygden.»

Saavidt Flood — man ser i denne Skildring ligesom et Gjenskin af det middelalderske Liv, som engang rørte sig, og hvoraf ialfald enkelte Træk endnu spores i nogle af vore afstængte Dalfører, f. Ex. Sætersdalen. Hvad der imidlertid gir den dobbelt Interesse, er den eiendommelige Modsætning, som den antyder i Ekedølsens Charakter fra vestlandsk Væsen og Aand til østlandsk med sin Haardførhed og Djærvhed, men Raahed og Vildhed, hvilket altsammen efter min Opfatning maa tilskrives den her forekommende forholdsvis stærke Tilblanding af *dolicho-mesocephale* Folkeelementer. Ekedølene have endnu sine «Rei», et Slags Stævne, hvor Dalens Ungdom af begge Kjøen møder til Dands, Leg og anden Moro, men hvor der naturligvis ogsaa vanker Drikkevarer og det derfor nok kan komme til at gaa noget vildt til tilslut. Denne Rei finder i Almindelighed Sted, naar Folket kommer ned fra Heierne efter Slaatten i August Maaned. Man samles nu paa en Leikvold ved Ekens Kirke, men Reia, som naturligvis er en svag og ved Culturen afdæmpet Efterklang efter de gamle nordiske Kamplege m. m., foregik vel dengang efter Navnet at dømme noget søndenfor paa de flade Marker ved Skeiegaardene, der imidlertid nu er bebyggede til en hel Grænd. Med Rensligheden staar det imidlertid ikke synderlig rart til og heller ikke med Sædeligheden, da Natteløberiet ialfald trives noksaa godt.

Eikebygd danner ligesom Siredal ogsaa et ved et Vand temmelig afstængt Dalføre; den nederste Del optages nemlig af Lygnevandet, der har steile vestlige Bredder, og langs den mere skraanende østlige Bred var der tidligere kun besværlig Adkomst — Eikedølen blev derfor isoleret og førte længe sit eiendommelige Fjeldfolkeliv, uberørt af ydre Kulturpaavirkninger.

Jorden er frugtbarere i Eikebygd end i det sandige og magre Hægebostad og Lyngdal, dertil er der gode Sæterhavne og rige Fjeldbeiter til begge Kanter og om Vinteren Masser af Ryper, tidligere ogsaa af

Ren. Rugen slaar godt til, da man ikke er synderlig høit over Havet, men ellers er Hovedsæden den almindelige Blanding, der benævnes »Kapsaa» og bestaar af $\frac{2}{3}$ Rug og $\frac{1}{3}$ Havre; Byg bruges mindre.

Et Stykke op i Bygden under Vaagsfjeld gik den gamle Ridevei til Fjotland, der tidligere sammen med Eken hørte til Hægebostad under Navnet øvre Kvinesdal. Endnu længere tilbage i Tiden var alle 3 Sogne Annexer til nedre Kvinesdal (Liknæs), men i forrige Aarhundrede foregik en Deling, efterat flere Præster havde tilsat Livet paa de farlige Fjeldreiser, endskjønt der fra Eken over til Fjotland ikke er mere end en Dagsmarsch.

Imellem Lyngdalen og næste østlige Dalføre Undalen stikker atter en Halvø langt ud i Havet omtrent jævnsides med den, der indbefatter største Delen af Austad Sogn af Lyngdal, kun skilt fra denne ved Grønfjorden. Det er *Spangereid*, der afsluttes i Landets sydligste Forbjerg Lindesnæs og kun ved et smalt Eid hænger sammen med Fastlandet. Spangereid staar i archæologisk Henseende Listerhalvøen temmelig nær og nævnes jo ogsaa meget tidlig i vor Sagnhistorie (Ragnar Lodbroks Saga). Det hører som Annex til Valle Sogn af S. Undal. Man ser kun sjelden paa Landsessionerne Folk fra Spangereid, da alt gaar til Sjørullen, men det er vel af samme Slag som den øvrige Kystbefolkning her.

Undalen har ligesom Lyngdalen den samme flade Dalbund med lignende Forhold af Fjeldene, men er ikke saa bred og heller ikke saa tiltalende som denne. Dalen lider adskilligt af Oversvømmelser af Elven, der dog ikke som Nilen efterlader frugtbart Slam, men kun udvasker end yderligere den lille Smule Muldjord, der er, og efterlader Grus og Sand. Jordsmonnet er derfor omtrent af samme, kun lidet frugtbare Beskaffenhed, men her er mere Skov og især i den øvre Del adskilligt Furuskov igjen. I *søndre Undal* grupperer Skallefordelingen sig omtrent som i de vestligere Kystegne Spind og Vanse, med 66,6 pCt. Brachycephaler, 26 pCt. Mesocephaler og 7,6 pCt. Dolichocephaler, og Befolkningen skiller sig ikke synderlig fra Nabodalforene, Lyngdalen og Mandalen, men endskjønt Haarfarven er overveiende blond (59 pCt.), er der ogsaa mange morkhaarede (23 pCt.) og med blandede Øine (23 pCt.). Her var jo ogsaa ved Vigeland i tidligere Tider, før Skibsløbet blev for grundt, ikke ubetydelig Skibsfart tildels direkte med Udlandet (Holland, Skotland). I *nordre Undal*, der bestaar af Sognene Vigmstad og Konsmo, ere Skalleforholdene mere lig Lyngdal med aftagende Brachycephaler (58 pCt.), Mesocephaler 27 pCt. og Dolichocephaler stegne til 14,5 pCt.; det viser altsaa, at man nærmer sig opimod Dalens øverste Bygd, *Grindum*, der imidlertid i geistlig Henseende som Annex hører til det

Mandalen liggende Bjelland Sogn; Bygden strækker sig nemlig over i Mandalsføret med en Tunge, der adskiller Bjelland fra Aaserall, medens den ellers med sin Hovedmasse hører Undalen til. Til Nabo i Vest har det Eken i Lyngdal, og det danner ogsaa ligesom dette i anthropologisk Henseende en Modsætning til de udenfor i Dalen liggende Bygder; Fordelingen af Skalleformerne er meget tilsvarende med Ekens, kun 36,5 pCt. Brachycephaler, men talrige Mesocephaler (34,1 pCt.) og Dolichocephaler (29,2 pCt.). Skalleindexen bliver derfor ogsaa her mesocephal ligesom i Eken, og Folkefærdet slægter ogsaa mere paa Ekedølen end paa den ytre Dalbefolkning. De have som denne saaledes smalere Pander og Baghoveder og ligeledes smalere Ansigter end Undølerne. Ligesom Ekedølen mangler de noget af de ytre Bygders dannede og velopdragne Væsen, har ikke disse «fine Opførsel», buser derfor mere paa med nysgjerrige Spørgsmaal og er mere ligefrem af sig. Da Overgangen til Eken dannes af forholdsvis lave Aaser med mellemliggende Indsænkninger med talrige Heiegaarde, er Blandingen mellem disse to Bygder derfor ganske naturlig, og nu er der endog 2 meget gode Veiforbindelser. Grindum synes dog kanske ellers at staa noget høiere i culturel Henseende — man finder saaledes mere velstelte og velbebyggede Gaarde, specielt omkring det store her liggende Øidnevand — heller ikke arter Folkelivet sig rigtig saa oprindeligt som i Eken. Da der er adskillig Skov igjen, synes de økonomiske Kaar nok saa gode. Det skilles fra den sydligere liggende Bygd, Konsmo, ved store Skovstrækninger, hvor igjennem tidligere tung og daarlig Vei. Grindum Sogn strækker sig som nævnt over i Mandalens Dalføre, hvorfra det kun er skilt ved lavere Aasrygge; af den Grund hører det ogsaa til Bjellands Hovedsogn. Den gamle Grændse i Mandalen mellem Bjelland og Grindum gik mellem Gaarden Seland i Grindum og Fos i Bjelland ved et Pas, som ogsaa her bærer det karakteristiske Navn «Danefaldet», og til en der staaende Sten med et Kors paa knytter sig en Tradition, som dog sandsynligvis er af yngre Dato end den til Passet af samme Navn i Lyngdalen (S. 24)¹.

Da vi befinde os i den øverste Ende af de herværende Dalfører og allerede med Grindum ere komne over i Mandalen, ville vi behandle de herliggende Sogne først fremfor atter at begynde fra Kysten af. Det falder ogsaa saa meget naturligere, som disse Bygder i anthropologisk Henseende er mere beslægtede indbyrdes end med de ytre Bygder i Dalen.

Bjelland synes i flere Henseender at være en Overgangs- og Blandingsbygd mellem den indre eller øvre Dalbefolkning og den nedre eller

¹ J. Th. Storaker og O. Fuglestad, Folkesagn samlede i Ltster og Mandals Amt, Flekkefjord 1881, S. 71.

ytre, omtrent tilsvarende med Hægebostad i Lyngdalen. Skalleformerne gruppere sig ogsaa saaledes, idet Brachycephalerne ere talrigere end i det nordligere liggende Sogn (46,3 pCt.), Meso- og Dolichocephalerne lidt færre (resp. 29,2 og 24,4 pCt.), men dog betydelig stærkere end i de nærmeste ytre Bygder, Laudal (16,7 pCt.). Middelindexen bliver derfor ogsaa mesocephal.

Befolkningen har ogsaa et noget bredere og fyldigere Ansigt og en mere undersat Figur end sin nordligere Nabo, den noksaa ofte slank-voxne Aasdøl og Grindumsokning, og er kraftigere og bedre bygget end Folket i de ytre Bygder, hvorfor Bygdens Militærdygtighed ogsaa staar adskilligt over disses (63,8 pCt. Linien).

Af Charakter siges de at være noget stridige og paastaaelige, men har man engang vundet dem, ved man ogsaa, hvor man har dem, noget som ikke holder saameget Stik for den ytre Dalbefolkning.

I Bjelland er Natteløberiet ophørt, men saa arter det sig nu paa en anden Maade igjen — naturam furca etc.

Jordsmonnet er som ellers i disse Dalforer ikke noget særdeles, men der er adskillig Skov igjen, og igjennem disse fører den nye Vei, der passerer Grindum Sogn til Aaserall, der tidligere næsten ganske var uden Veiforbindelse paa denne Kant, medens den da mest benyttede Vei var fra Daasnæs i Hordnæs Sogn af nedre Sætersdalen, da Aaserall tidligere jo hørte til Robygdelaaget af Nedenæs Amt.

Aaserall ligger ved det samme Vasdrag, som rinder igjennem Mandalen, men er alligevel uegentlig at regne til samme Dalfore, da Aaserallsdalforet fortsætter sig igjennem eller over Værdal og Vaarelven til Undalen.

Det er en i høi Grad isoleret og eiendommelig Bygd, som den ligger der rundt Kirken paa en Sandmo, omgivet af brat opstigende, næsten ganske skovbare Fjeld. Om den end ikke er blottet for Naturskønhed, giver den dog et fattigsligt Indtryk, og fattig er den ogsaa, idet Hoved- eller Kirkebygden oprindelig bestod af 4 Gaarde, der nu ere udstykkede i ikke mindre end 30 Smaabrug. Sin nuværende Skovfattigdom skal den efter Traditionen skyldes den bekjendte Bjellandspræst og Sagnfigur i disse Bygder, Søren Schive, der drev en ikke ubetydelig Trælastudskibning over Mandal til Holland og Skotland.

Hovednæringsveien er paa Grund af Dalens sparsomme Jord derfor Fædriften, og Aaseralls fornemste Herlighed ligger i dets Sætermarker og Fjeldbeiter paa Heiene især vestover. Bygden kan derfor heller ikke føde sin Befolkning, der maa ud og søge Arbejde andensteds, og man støder derfor paa Aasdølen paa fjerne Steder, helt bort i Aamlid f. Ex., og han danner da ofte i typisk Henseende en eiendommelig Contrast til

den Befolkning, han færdes iblandt. Man vil da let lægge Mærke til, at det er høiere, lysere og slankere Folk med spidse, skarpe og temmelig store Næser, ei sjelden af en eiendommelig Form, idet den lange spidse Næse yderst paa sin Tup, der da var forlænget lidt udenfor Septum, havde en liden Opbøining. Hans Barndomshjems Fattigdom har vel bevirket, at Aasdølen har faaet det Ord for at finde Raad for Uraad og altid kunne greie sig i en snever Vending, som han har, og som minder noget om Svenskernes Ordsprog om Smålänningen: «Sätt en Smålänning på en sten i hafvet, och han föder sig ändå». Men den har vel ogsaa affødt hans Misundelighed ligeoverfor bedre stillede — et jo forøvrigt saa almindeligt ubehageligt Charaktertræk hos en stor Del af vore Vestlandsfolk — og han er som den øvrige Befolkning mistroisk og mistænkelig. Han har et djærvere og mere uforfærdet Væsen og er språkere og mere udholdende end den ytre Dalbefolkning, og naar han blir trainet, kan han blive en dygtig Arbeider. Hans Gang er ligesom Ekedødens tyngere end det ytre Dalfolks, og endskjønt hans Intelligents er god, lærer han dog senere Exercits end disse, men engang tilegnet sidder det rigtignok ogsaa saa meget sikrere og støere. Han har megen Sands og Interesse for Læsning¹. Militærdygtigheden er høj og som nævnt den næst høieste i hele Amtet (65,05 pCt. Linie). Skalleformerne er fordelt paa følgende Maade: Brachycephaler 43,7 pCt., Mesocephaler 25, Dolichocephaler 31,2. Af Legemsbygning er han oftere slankbygget end ellers i disse Bygder (37 pCt.) og minder i Figur adskilligt om Sætersdølen, med hvem han synes ogsaa at være forholdsvis nær beslægtet, og hvortil Communicationen over Heierne kun er en stiv Dagsmarsch. En Tradition beretter ogsaa, at Aaserall engang i Tiden kun var Sæterdal for Sætersdalen. Skjønt overveiende blond af Teint og Haarfarve træffer man her som overhovedet ei sjelden i vore isolerede Fjelddale af og til mærkelig mørke Individer med brun Teint (svagere 12,1 pCt., stærkere 3,0 pCt.) og sort Haar (mørkt 12,2 pCt., sort 3,0 pCt.), som man ved første Øiekast skulde tro vare Tatere, men som forøvrigt dog ikke ligner denne Folkerace. En Mand, som havde virket her og i Røldal, syntes saaledes, der var nogen Lighed mellem Befolkningerne i disse to Bygder; men han maa da væsentlig have fæstet sig ved de begge Steder forekommende stærkt mørke Folk, thi ellers er der neppe synderlig Typelighed.

¹ Som en Mærkelighed ved Bygden fortæller Eilert Sundt (Renlighedsstellet i Norge, S. 392), at han her fandt sandsynligvis den eneste og sidste Mand, som benyttede sin Badstue til deri at tage Bad.

Paa de vide Heiebeiter fører Aasdølen og hans Naboer her, Ekedølen og Siredølen, et raskt Friluftsliv om Sommeren, som kanske bidrager adskilligt til deres gode physiske Udvikling, der er de ytre Dalbygders Befolkning saa overlegen. Sæterstellet er jo yderst primitivt, men endnu enklere er Stellet og Livet paa de saakaldte Fælægere, hvor 2—3 Mand tilbringer Sommeren med at vogte Kvæg, væsentlig Fede-kvæg. Ligesom Boligen er i høieste Grad nødtorftig, er Kosten, der bestaar af Vandgrød og Gedemelk fra nogle for det Øiemed medbragte Geder, det ikke mindre; men Livet er styrkende, og iblandt skaffer han sig paa en eller anden Maade ogsaa lidt Kjødmad, ligesom der er nok af Fisk og Vildt. I Sommertiden fra St. Hanstid til Begyndelsen af August, da Heieslaatten er over, kan det hænde, at Aaserall ligesom Siredalen og Sætersdalen ligger folketom, og man kun finder nogle Gamle, som ikke har aarket den lange og besværlige Vei op paa Heierne, hvor ellers Befolkningen er beskæftiget paa den omtalte Maade med Fægjætning og med Slaatten.

Til Bjelland hører ogsaa som Annex *Finsland*, der væsentlig ligger paa Østsiden af Mandalselven og nærmest kan betragtes som hørende til Søgneelvns Dalføre, skjønt det igunden vel saa meget er en Heiebygd mellem Mandalselvns og Otteraaens Dalfører. Da det imidlertid i anthropologisk Henseende hører til de indre Bygder og netop til det Complex af disse, vi har beskrevet ovenfor, passer det igunden bedst at behandle det i Forbindelse med disse.

I ingen af de vestagderske Bygdelag, vi hidtil har beskrevet, er Brachycephalerne reduceret til et saadant Minimum som i Finsland, hvor de kun udgjør 31,4 pCt., Mesocephalerne 22,8 og Dolichocephalerne 45,7 pCt. Indexen er derfor stærkere mesocephal end i nogen af de mesocephale Bygder vestenfor. Mærkeligt er forresten ogsaa her det forholdsvis store Antal med blandede (11,2) og brune Øine (2,8 pCt.), saa heller ikke her Blanding er udeblevet. Befolkningen er ogsaa stærkere blond end i nogen af de andre (71,4 pCt.), og man finder ogsaa omtrent de samme aandelige og legemlige Characteristica som nævnt for disse Bygder. Endskjønt Bygden ligger forholdsvis temmelig isoleret, og Adkomsten indtil det sidste var daarlig, siges Bygden dog at være den bedst oplyste af alle disse Indlandsbygder; paa Grund af dens afsides Beliggenhed er der noget eiendommeligt gammeldags ved den.

Vi gaar nu igjen tilbage til Mandalen og finder der søndenfor Bjelland de to smaa Sogne *Øislebø og Laudal*, der med Hensyn til Folkefærd og Skalleforhold igjen nærme sig de ydre Dalbygder. Brachycephalerne er her atter stegne til 56,2 pCt., Mesocephalerne til 31,2 og

Dolichocephalerne 12,5 pCt. Befolkningen skiller sig ikke væsentlig fra den i det udenfor liggende Sogn Holme; Ansigterne ere de sædvanlige vestlandske, flade og temmelig brede, saavel hos Mænd som Kvinder, — især er de sidstes flade med smaa Øine, ikke egentlig vakre, men heller ikke stygge.

Ogsaa i Øislebø paa Holmeslandsheien mod Undalen til er der et Pas, der bærer det tidligere nævnte, eiendommelige Navn, Danefaldet, hvortil ogsaa er knyttet det omtalte tilsvarende Sagn¹.

I næste Sogn ovenfor Mandal, *Holme*, er Brachycephalerne steget til 61,3 pCt., deraf ikke mindre end 18 pCt. af de stærkere Former Hyper- og Ultrabrachycephale. Befolkningen er mindre blond end baade nordenfor og søndenfor, har forholdsvis mange med mørkt og sort Haar (13,0 og 6,4 pCt.) samt heller ikke faa med mørk Hud (9,7 pCt.) og blandede og brune Øine (9,7 pCt.).

Befolkningen i Mandalen har ogsaa den sædvanlige Sødladenhed at ville tale En efter Munden, holde med En og sige Ja til alting for efterpaa at le af Ens Naivitet og over, at man antagelig har havt Vedkommende tilbedste. Rensligheden er bedre end i de nordligere Bygder, Natteløberi finder ikke Sted, og Sædeligheden er, saavidt man kan dømme af uægte Fødslers Faatallighed, god, derimod siges det at skorte en Del paa den ægteskabelige Troskab. Intelligentsen og Oplysningen er god; som Soldater er de snille og lærenemme, men Materialet er jo ikke af stærkeste Slags, endskjønt der synes at være nogen Fremgang i fysisk Henseende.

Mandalen er noget videre end Undalen og staar kanske ogsaa noget over den i Frugtbarhed og Naturskønhed, men Eiendommene ere ogsaa her stærkt udstykkede og Forholdene yderst smaa og trange; er der ikke Skov til Gaarden, kunne de ikke leve af den, men maa arbeide som Dagarbeidere. Der er derfor ligesaa lidt som andensteds her vester Bondearistokrati (Proprietærklasse) og Husmandsklasse, — det synes de er Slaveri; alt er omtrent ens, men Smaabrukerne ere alligevel nødt til at arbeide hos andre for at kunne slaa sig igjennem, og med deres store Nøisomhed og Sparsommelighed er det ogsaa muligt, medens det andensteds hertillands ikke gaar.

Mandals By med sit nærmeste Landsogn, *Halsaa og Hartmark*, har jo de sædvanlige Kystbygdeforhold i Skalleformerne — Brachycephalerne ere her 62,9 (deraf ikke mindre end 13 pCt. Hyperbrachycephaler), Mesocephalerne 27,2 og Dolichocephalerne 9,8. Befolkningen er overveiende blond (67,7 pCt.) med 13,3 pCt. mørk og 3,3 pCt. sort-

¹ Amtmand Holm, Beskrivelse af Mandals Amt, Top. Journal for Norge. B. 3, S. 11.

haarede, mørkere Hud (6,6 pCt.) og brune Øine (6,2 pCt.). Den staar — som By og nærmeste Omegns Befolkninger i Almindelighed hertilands — ikke synderlig hoit i fysisk Henseende; der var over 20 pCt. spædbyggede, og det svigtende Brystmaal (0,90 Ctm. under den halve Legemshøide) er et yderligere Bevis paa, hvad Kvaliteten var; men Sjøfolkene fra disse Kanter har dog et nok saa godt Lovord. Militærdygtigheden er derfor ogsaa (skjønt det noget bedre stillede Holme i Statistiken er slaaet sammen dermed) ikke høiere end 42,9 pCt. Ansigtstrækkene, især for Byen, bærer ogsaa det sædvanlige Bybefolkningspræg af svag Benbygning, aftagende Kind- og Underkævebredde, med svagere Maxillærdannelse og tilspidsende Underansigt, mindre, spædere Træk i det Hele; der var derhos mange Yderligheder af forskellige Maal, altsaa mange Uregelmæssigheder i Udviklingen.

Om Befolkningen paa denne Kant af Landet siger Chr. Pram i sine utrykte Reiseskildringer, Mandal 1805: «I Almindelighed er paa denne Kant af Landet Folk mindre hændige, mindre oplagte til mekanisk Kunstfærdighed end ellers i de fleste Steder i Norge». Skal man bedømme dette efter den fuldstændige Mangel paa Husflid hos den mandlige Landbefolkning, maa man deri give ham Ret, men for Fruentimmernes Vedkommende kan man ikke klage derover.

Det næste Kystdistrikt, *Søgne*, danner med Annexerne *Lunde* og det længere inde i Dalforet liggende *Greipstad*, et Præstegjæld. Den temmelig brede, men uregelmæssige ytre Bygd, der gjennemskjæres af et Par Smaaelve, er som alle disse Egne sandet og ikke synderligt frugtbar; Dalforet fortsætter sig imod nordvest i det høiereliggende, allerede beskrevne Sogn Finsland. Brachycephalerne ere her gaaede ned til 55,5 pCt. Befolkningens fysiske Udvikling er ikke synderlig; der var 20 pCt. spædbyggede, Brystomfanget 0,3 Ctm. under den halve Høide. I tidligere Tider dreves herfra meget Baadbyggeri, især til Holland, men nu er dette forbi og Husfliden ringe eller ingen.

I det Christianssands By omgivende Landsogn *Odde* er Brachycephalerne igjen steget til 72,2 pCt. Her er ligeledes circa 22 pCt. spædbyggede.

I Topdalen østenfor Christianssand ligger *Tveit* Sogn med Annexet *Birkenæs*, hvilket sidste imidlertid i administrativ Henseende hører under Sands Thinglag af Nedenæs Amt. Det er et vakkert lidet Dalfore, især er Birkenæs meget tiltalende, men som sædvanlig med sandet Jord; Thinglagets Navn er i saa Henseende betegnende nok. Man kommer her til Bygder, der ere mere blandede med Meso- og Dolichocephaler end ellers vanligt i saa nær Kysten liggende Distrikter; Brachycephalerne er saaledes gaaede

ned til 43,3 pCt., Mesocephalerne ere 20,0 og Dolichocephalerne 36,6 pCt. Befolkningen er stærkere blond end i Odde-Distriktet, men har mange med blandede Øine (10,0 pCt.). Befolkningen staar i legemlig Henseende over Torrisdalens og nærmer sig Christianssands, idet den har 12 pCt. spædbyggede som denne og et Brystomfangsoverskud ligesom der af 0,2 Ctm. I aandelig Henseende er ogsaa Topdals Befolkning ligesom lidt høiereliggende end Torrisdalens, skal ogsaa være mindre smaalige.

I Christianssands Opland ligger da de mesocephale Bygder *Øvrebo*, *Vennesla* og *Hægeland*. Af disse kan *Øvrebo* nærmest kaldes en Heiebygd, beliggende mellem Søgneelv og Otteraaens Dalfører, fra hvilket sidste der ikke er saa liden Opstigning til den forholdsvis høitliggende Bygd. Den grændser mod Vest til Finsland Sogn, med hvem den ogsaa har Befolkningsforhold saa nogenlunde fælleds, idet de dolicho-mesocephale Skalleformer i begge næsten er ganske lige, Brachycephaler 30,4 pCt., Mesocephaler 30,4 og Dolichocephaler 39,1; men Befolkningen er adskillig mindre blond og har ikke faa med blandede (13,0 pCt.) og brune (8,6 pCt.) Øine. Folket har vel de dolicho-mesocephale Bygders Charakter, men i mindre udpræget Grad; det er noget paavirket af By- og Kystbefolkningen, men staar i culturel Henseende dog tilbage for denne, om end ikke i Oplysning eller Intelligents. De have sine Huse indrettede mere paa Bondemaner, medens de andre har det nærmest som Byfolk.

Annexet *Hægeland*, der danner Øvrebo's Fortsættelse mod Nord og ligger ligesom dette dels oppe paa Heierne, dels i Kilefjordens Forsænkning, har ogsaa adskilligt tilfælleds med det nordenfor liggende Hordnæs. Det har altsaa adskillig flere Brachycephaler 44,8 pCt., men ogsaa nok saa mange Mesocephaler 34,4 pCt.; de blandede Øine og den lidt pigmenterede Teint forekommer ogsaa her som i Nabobygden. Bygdens Befolkning er blandt Militærlægerne tildels bekjendt for sin stygge, lange, «flade» Fodform (Hægelandsfod).

Annexet *Vennesla* ligger derimod nede i selve Otteraaens Dalføre, paa begge Sider af denne, har noget tilsvarende Forhold, men talrigere Dolichocephaler 40,0 pCt. Da her er adskillig industriel Virksomhed, er det ikke usandsynligt, at disse er tiltrukne andenstedsfra ved denne.

Christianssands By. Man vil her bemærke den samme Eiendommelighed som for Stavanger, at den forherskende Skalleform, Brachycephalerne, ere mindre talrige i selve Byen end i det omliggende Landdistrikt — man kan næsten desaarsag spørge sig selv, om der for de norske Byer ogsaa hersker det samme Forhold som for Badens, at den samme Lov — den saakaldte Ammonske Lov — gjør sig gjældende, hvorefter det ikke er Korthovederne, som tiltrækkes af Byerne, men de mere

bevægelige, til at prøve Livets forskellige Chancer mere oplagte Langskaller. Brachycephalerne udgjorde saaledes 62,5 pCt. — altsaa 10 pCt. mindre end i det omgivende Landsogn, Mesocephalerne 25 pCt., Dolichocephalerne 12,5; Gjennemsnitsindex var 81,00. Blondheden noget mindre end vanligt (46,1 pCt.) med ikke saa faa mørk (12,8 pCt.) og sorthaarede (5,1 pCt.) og adskillig flere rødhaarede (5,1 pCt.) end almindeligt her vesterpaa. Blandede Øine hos 15,4 pCt., brune hos 7,7, hvad man kan vente i en By med dens sammensatte Befolkning; mørk Hud var ikke hyppig, svagt pigmenteret 7,7 pCt.

I fysisk Henseende staar Christianssand noget høiere end Stavanger og høiere end sit Landsogn. Medens der i Christianssand var 12,5 pCt. spædbyggede, havde Landsognet 20—22 pCt. (Stavanger endog 55 pCt.). Brystomfanget, der som vi have seet, er en nok saa god Maalestok for Befolkningens Udvikling, har for Christianssand ogsaa et plus, rigtignok ikke stort, idet det overstiger den halve Høide med kun 0,2 Ctm., medens det derimod for Stavanger er minus, nemlig 0,7 Ctm. under den halve Høide. Militærdygtigheden er derfor, til i en By at være, heller ikke af den aller sletteste, 42,1 pCt. til Linien, medens i Stavanger kun 37,1 pCt.

Høideforholdene gruppere sig saaledes:

smaa	(indtil 1,62)	— 5,0 pCt.
middels	(— 1,70)	— 37,5 —
store	(over 1,70)	— 50,0 —
meget store	(— 1,80)	— 5,5 —

Befolkningen i Christianssand er altsaa høiere af Væxt end i Stavanger; der er 10 pCt. færre smaa, og de store danne Flertallet, medens derborte de middels danne det — med Hensyn til de meget store (180) indtager de dog næsten samme Procenttal.

Den kvindelige Befolkning, især af Middelstanden, har ofte fine, ei sjelden smukke Træk, men Udseendet er svagt og tendert. Hvad den mandlige Befolkning angaar, lader Bjørnson i sin «Geografi og Kjærlighed» en af Stykkets Personer sige, at «i Christianssand er der kun Fruentimmer».

Stiftets administrative Hovedstads *aandelige Charakteristik*, der naturligvis bærer Amtets Fælledspræg i mer eller mindre Grad, er i sin Tid given til Fuldkommenhed af Welhaven i hans «Norges Dæmring»¹. Den var træffende, da den blev skreven for ca. et Par Menneskealddre siden, men den passer fremdeles lige godt til Byens og Befolkningens aandelige Physiognomi; ligeledes har N. Wergeland givet en Skildring

¹ J. S. Welhaven, Samlede Skrifter, 1 B. S. 183.

af Bybefolkningen paa hans Tid¹. Der er den samme hjælpeløse «Lyttten til Bølgebraget» som dengang, og om den nu snart færdige Jernbane til Sætersdalen vil frembringe synderlig Forandring heri, vil Tiden vise. Byen har jo ikke anlagt sig selv, den er ikke skabt af driftige og vindskibelige Borgere, men den er bleven til ved et Kongebud, og den blev stadig taget under Armene og subveneret paa forskjellig Maade til Fortrængsel for Nabobyerne, men derved opdrages ikke energiske og virkelystne Borgere. Var den voxet op af sig selv, var den vel tiltrods for sin ypperlige Beliggenhed, sin altid isfrie og sikre Havn, der kan anløbes næsten under alle Slags Vindretninger, neppe blevet synderlig større end kanske Mandal, og det vilde passet bedst til Forholdene. Byen mangler nemlig for en Del et godt Opland og har ogsaa for lidet sørget for at komme i Rapport med dette. Man mærker dette ogsaa saa tydelig paa den ringe culturelle Indflydelse, som Byen har udøvet paa dette; kommer man blot 2 Mil fra Byen op i Landet, vil man støde paa primitivere Tilstande, end man kunde tænke sig i en saapas stor Bys Nærhed. Dog, Feilen ligger ikke blot i Mangelen af et ordentligt Opland, men vel saa meget hos Befolkningen her i dens Mangel paa Foretagsomhed, Energi og Driftighed. Der er flere Byer hertilands, som ikke har stort mere til Opland, men de har som denne havt Kysten og Havet og forstaaet at benytte det — derfor maatte ogsaa Opkomst kunnet skabes her, naar Indbyggerne havde havt Betingelserne, det ser man f. Ex. fra Bergen og Arendal o. fl. a. Men denne, om man saa kan sige medfødte, Mangel paa Driftighed hos Befolkningen, er derhos bleven yderligere begunstiget foruden ved Byens ualmindelig heldige Beliggenhed, derved at den var Stiftets Hovedstad med alle sine Embedsmænd, og den var Garnisonsby med sit Militær, hvilket gav Fortjeneste for Borgerne uden Anstrengelse. Altid faldt der dem Fortjeneste i Hænderne; kom der en dygtig Storm, var Havnen fuld af Havarister, som maatte losse og reparere, var der Ufred, blev den neutrale, fortrinlige Havn søgt af forfulgte Seilere, og var Landet selv i Krig, var det jo den bedste Udfaldspost for Kapere, og denne Tid var jo ogsaa Byens florissante Periode. Men Kaperi er heller ikke nogen god Forskole for driftige og stræbsomme Borgere, der senere skulle arbeide under Fredens Velsignelser, — det var kun det gammelnordiske Vikingeliv i en mere moderne Form; — man blev snart misfornøiet med den mindre Fortjeneste — hellere da vove Trøien og Livet og gjøre en dygtig Gevinst,

¹ Norsk historisk Tidsskrift II R. III, Bidrag til Christianssands Historie af N. Wergeland (ved Dr. L. Daae) S. 55 og flg.

for senere at lade sig i Ro og Mag og Overflod. Det gamle Slængord, som ogsaa klinger igjen i Holbergs Ord, at «Byen nærer sig ved Rov», er desværre ikke uden en vis Berettigelse. Dette har nok i Tidernes Løb mange Havarister faaet føle og blodigt betale, men nu ved Dampens Hjælp har de lært at hytte sig — de lader sig istedet slæbe til Lillesand og Grimstad for at reparere og undgaa altfor gridske Hænder, thi *der* arbeides billigere og ikke mindre godt, og Christianssandsarbejderne staa igjen der og faa ikke Øinene op for, at dette, som er selvfor-skyldt, i Længden ikke lønner sig for dem. De ere derfor tilboielige til at blive en fordringsfuld, misundelig, sær og misfornøiet Stok, færdig til at strike og gjøre ublu Fordringer, naar den ser sit Snit, og den holder naturligvis derved ogsaa enhver fremblomstrende Virksomhed i Schak.

De forbausende mange ledige Hænder¹, der staa paa Gadehjørnerne ved Havnen og vente paa en tilfældig Sjau (som de da ogsaa ved at lade sig dygtig betale for), tage det f. Ex. med den største Ro, at svenske Fiskere helt fra Bohuslän om Sommeren ligge paa Revet udenfor Kysten og hver Uge komme ind til Byen med rig Fangst — at forsøge at optage Concurrencen med dem falder ingen ind, og de Forsøg, der engang bleve gjort, da der i Syttiaarene ligesom gik et Pust af Foretagelseslyst henover Byen i denne Retning, faldt daarlig ud, fordi Folkene ikke magtede det — Arbeidet var dem for besværligt og anstrengende. Heller ikke som Søfolk have Byens og dens nærmeste Omegns Børn egentlig noget godt Lov; de kunne nok være raske, men faa ogsaa Beskyldning for Fordringsfuldhed og Overmod og derhos at blive let sære og misfornøiede Folk, som det er vanskelig at behandle, og de kunne forøvrigt heller ikke maale sig med Folk fra Lister eller Spind. Skal nogen Forandring til det bedre indtræde i disse Forhold, maa man vente det gennem Indflyttere fra andre Kanter af Landet med mere Virkelyst, Arbeidsomhed og Foretagsomhed. Byen har i tidligere Tider havt et stærkt bureaukratisk Tilsnit med sit Embedsmands- og tildels Pengearistokrati; nu ere begge Dele forsvundne, der er ikke engang Stumperne tilbage, og den er gaaet over til at antage et udpræget demokratisk Anstrøg; men Befolkningen i det hele har fra gammelt faaet en vis Tilboielighed til at ville være med og gjælde for mere, end man er, en vis forløren Fattigfornemhed. Den tilreisende blir imidlertid paa en behagelig Maade berørt ved Befolkningens høflige, dannede, belevne og imødekommende Væsen — «Pyntelighed», som det er kaldt — helt ned

¹ Fyrdirektor Diricks sees ogsaa at være bleven opmærksom paa denne Eiendommelighed ved Byen, cfr. hans Journal S. 10.

til de lavere Lag af Samfundet — der er noget vist indsmigrende ved dette ligesom ved deres bløde, dæmpede, halvdanske Sprog uden bratte Overgange, om hvilket en Spøgefugl har bemærket, at «det smyger sig lempeligt og næsten undskyldende frem til Øret, saa man kan ikke tænke sig en Dialekt, der mere ligger for at gjøre kultiverede Undskyldninger paa end den Christianssandske».

Man bedaares i Førstningen af dette imødekommende civiliserede Væsen, der danner saadan behagelig Modsætning til Østlændingens korte, kantede og butte og ofte lidet høflige Optræden, men Befolkningen vinder desværre ikke ved nærmere Bekjendtskab; man kommer sjelden længere end til denne høflige Skæl, forøvrigt blir den En fremmed; den sande Mening faar man vanskelig, om nogensinde, Rede paa, det er den samme Jatten med og Talen efter Munden, som man finder saa meget af her vester, og man maa ikke stole for meget paa de fagre Ord og de givne Løfter, dem kan man uden synderlig Skrupler gaa ifra igjen. Den bekjendte Smaalighed stikker ogsaa saa ofte frem og gaar ei sjelden til den usleste, her saakaldte «Knægenhed», som man kan finde, hvor man mindst skulde vente det, hvorfor man ogsaa herborte har Udtrykket, at «ingen er værre end de Bedre».

Befolkningen har tildels en meget livlig Fantasi, der ei sjelden udmaler sig Ting i en betydelig større Maalestok, end de foreligger; den er derfor ikke fri for Tilbøielighed til Overdrivelser og tildels Skryderi. Den indfødte Christianssandenser har megen Hjemkærlighed, og hans Beundring for Hjemstavnen antager ei sjelden et chauvinistisk Præg — à la Bergenserne — han har derfor intet Øie for sin Bys Svagheder og taaler lidet Kritik af de lokale Forhold. De ere Følelsesmennesker, der let kunne begeistres og rives med af veltalende Ord, af en Idé eller en op-høiet Tanke; men Indtrykket varer ikke længe, man maa derfor benytte Øieblikket, thi det dunster hurtigt væk, og naar der bagefter fordres noget mere end Ord og Løfter, nemlig Handling og Offervillighed, da kan det hændes, man blir staaende temmelig alene — og dog, naar der er virkelig Ulykker og Trængsler, vil man, ligesom der er anført om Lyngdølen, mærke, at der er Hjerte for Næstens Nød, og at der ikke mangler paa hjælpsomme og offervillige Hænder — det saa man f. Ex. saa vakkert, da de danske Saarede fra Slaget ved Helgoland kom til Byen.

Fra den her givne generelle Charakteristik, der jo nærmest gjælder som Forfatterens egen Opfatning efter de Indtryk, han har faaet af Folket, gives der naturligvis ligesom andensteds mange Undtagelser, og den gjør selvfølgelig ikke nogen Fordring paa Ufeilbarhed.

Forskjellige physiologiske Forhold.

Under Stavanger Amts anthropologiske Beskrivelse S. 51 er nævnt, at *de relative Langskaller (Dolicho-Mesocephalerne) i Almindelighed har en noget større Legemshøide end Brachycephalerne* — det viste sig med Bestemthed for Ryfylke og Jæderen, derimod gjorde det sig mindre gjældende for Dalernes Vedkommende; det samme synes ogsaa at være Tilfælde for Vest-Agder, naar man ordner Folkene efter Rankes Inddelingsprincip for Legemshøiden:

	D. & M.	B.
smaa (under 162)	5,7	5,4
middels (indtil 170)	40,2	42,1
store (over 170)	47,3	47,4
meget store (over 180)	6,8	5,1

Forskjellen er altsaa en Ubetydelighed; at virkelig saa er Tilfælde, giver sig imidlertid bestemt tilkjende, naar man gjør en grafisk Fremstilling over D. og M. samt Bs. Høideforhold inddelt i Serier. Man vil da se (Tab. II), at D. og Ms. mediane Middelhøide — Quetelets binomiale Linie — ligger 1 Ctm. høiere end for B.

Sammesteds har jeg ogsaa nævnt, at der pleier at være et bestemt Vexelforhold mellem Skalleformerne og den ydre Complexion (Hud, Haar og Øinenes Farve), *idet de relative Langskaller (D. og M.) i Almindelighed ogsaa følges af en større Blondhed.*

Særdeles udtalt er dette heller ikke, da disse physiologiske Forhold ikke danne et saa stabilt arveligt Phænomen som Legemshøiden, men udlignes og udjævnes igjennem Aartusinders Blanding, og denne vor brachycephale Kystbefolkning derhos i det Hele synes at være af blond Complexion i sig selv — altsaa ogsaa et Fingerpeg paa, at den ialfald ikke godt kan nedstamme fra Lapperne. Forholdet viser sig at være følgende:

	Hud		Haar					Øine		
	svagt pigmenteret	stærkere pigmenteret (brunet)	rødt og rødlig blond	blond	mørk-blond	mørk	sort	lyse (blaa og graa)	blandede	brune
	pCt.	pCt.	pCt.	pCt.	pCt.	pCt.	pCt.	pCt.	pCt.	pCt.
Dolicho- og Mesocephaler	12,5	2,1	1,2	57,0	27,1	12,3	2,3		8,5	0,9
Brachycephaler	12,0	1,2	3,0	54,0	24,8	14,0	4,2		12,6	3,6

D. og M. har altsaa utvivlsomt flere blonde og mørkblonde og B. ikke uvæsentlig flere mørk- og sorthaarede; men saa har disse igjen flere rødhaarede mærkelig nok, og med Hensyn til Hudpigmenteringen har D. og M. flere brunette. Forholdet er altsaa noget vaklende som i Stavanger Amt, og man skulde tro, at der existerede forskjellige Arvelighedslove for disse physiologiske Eiendommeligheder. For Øinenes Farve derimod er hos B. en udtalt Overvægt for de brune og blandede Øine.

Vexelforholdet mellem Hudens, Haarets og Øinenes Farve var derimod, som i Stavanger Amt, af mere constant Natur.

Den lyse Hud combinerede sig helst med lyst

og blond Haar	63,5 pCt.	(10 pCt. hyppigere end i Stavanger Amt)
mørkblond —	25,0 —	
mørkt —	11,1 —	
sort —	0,3 —	
og med lyse (blaa, blaagraa) Øine	87,4 —	
blandede —	9,0 —	
brune —	1,5 —	

Mere pigmenteret Hud med mørkere Haarnuancer

lyst og blond	21,3 pCt.	(20 pCt. hyppigere end i Stavanger Amt)
mørkblond	32,2 —	
mørkt	27,0 —	(over 30 pCt. hyppigere i Stavanger Amt)
sort	19,4 —	(ligt)
og oftere med mørkere Øine		
lyse Øine	68,0 —	
blandede —	25,5 —	
brune —	6,4 —	

og den mørke Hud med stærkere Grad af mørkt Haar

lyst og blond	0 pCt.	
mørkblond	16,6 —	(circa 10 pCt. hyppigere end i Stavanger)
mørkt	22,2 —	(4 pCt. hyppigere)
sort	61,1 —	(5 pCt. hyppigere i Stavanger Amt)
og endda oftere med mørke Øine		
lyse Øine	33,3 —	
blandede —	33,3 —	
brune —	33,3 —	

Stavanger Amt har altsaa hyppigere Combination af mørk Hud med mørke Haarnuancer. I Vest-Agder er der Tegn til, at den mørkere Hud hyppigere forekommer hos de lysere Haarnuancer, hvad vel kan være foraarsaget af det Milieu, Befolkningen lever under, og som synes at bevirke den her forholdsvis hyppig forekommende eiendommelige skidden-graaliggule Hudfarve — eller det kan maaske betragtes som Tegn til, at her er stærkere Blandingsforhold end i Stavanger Amt. Mellem *Haarfarven og Øinenes Farve var ogsaa det samme Forhold tilstede* med mørkere Haarnuancer, i stigende Grad ogsaa mørkere Øine:

Øine	Haar			
	blond	mørkblond	mørkt	sort
lyse	92,1 pCt.	83,8 pCt.	81,7 pCt.	42,5 pCt.
blandede . . .	7,3 —	12,4 —	13,3 —	31,4 —
brune	0,5 —	3,7 —	4,9 —	26,0 —

Vest-Agder-Befolkningens aandelige Charakteristik.

Den allerede under den fysisk-anthropologiske Beskrivelse omtalte Tredeling af Befolkningen gjør sig naturligvis ogsaa gjældende paa det aandelige Omraade, og ligesom i fysisk Henseende vil da ogsaa her de to ytre Befolkningslag være dem, der staa hinanden nærmest og ligne hinanden mest. Forskjellen mellem Kyst- og den ytre Dalbefolkning er dog ikke større end, at den vel tildels kan forklares af den forskjellige Maade, hvorpaa disse Folks Livsgjerning falder.

Af disse to faar igjen i Almindelighed Kystbefolkningen bedre Lovord end den ytre Dalbefolkning. Deres dannede og høflige Optræden roses — det kan jo ogsaa være naturligt nok, da de for største Parten bestaar af Folk, der ialfald i en vis Tid af sit Liv har færdes videnom paa Land og Hav, ofte ere «selfmade» Mænd og have faaet et vist internationalt Dannelsespræg over sig, ligesom ogsaa deres Hjem vil bære Præget deraf, selv om de ikke har drevet det saa særdeles høit paa Samfundstigen. Den ytre Dalbefolkning — dog af og til ogsaa Kystbefolkningen — derimod beskyldes flere Steder for mindre elskværdige Egenskaber og skildres ei sjelden som tvær, lei, lidet imødekommende og hjælpsom,

naar de ikke netop tro sig sikre paa Skillingen, smaalige og ei sjelden ublu i sine Fordringer. De sidde jo mere stille paa sine Gaarde og blive mere upaavirkede af Udenverdenen¹. Det er nu forresten et Charaktertræk hos hele Amtets Befolkning, at *de nødig gjøre noget for ingenting*; de vente altid Valuta, og dette kan jo af og til fremtræde paa en lidet tækkelig Maner og ei sjelden under en Overvurdering af, hvad der er ydet, faa Udseende af Gridskhed.

P. A. Munch antyder gjentagende, at Egderne maa betragtes som Skud af den samme Stamme, som har befolket det gamle Rogaland eller Stavanger Amt, og at de ere at anse som de længst mod Øst fremskudte Hobe af denne, idet han af deres Navn, der er afledet af Bostedets, slutter, at de forinden Bosættelsen her havde et andet navn². Beslægtede eller ialfald forbundne synes de jo at have været — begge hørte de til Gulathingslagen og Stavanger Bispestol, og Side om Side kjæmpede de ogsaa i Hafrsfjordslaget.

Enten man tager Hensyn til det physisk-anthropologiske Forhold eller til den aandelige Habitus, maa man heri give ham fuld Tilslutning — Skalleformerne gruppere sig jo saa temmelig ens og den aandelige Slægtslighed ikke mindre — ialfald for de to ytre Befolkningslag, idet dog Vest-Agder paa Grund af den større Nærhed til Østlandets dolichomesocephale Stammer maa have saa langt stærkere Tilblanding fra disse end Rygernes Hovedstamme i Stavanger Amt. Egdernes Folkecharakter skulde altsaa efter dette være et noget afsvækket Billede af Rygernes, saaledes som denne er beskrevet under Stavanger Amt med nogen Til sætning af Østlandscharakter. I min «Udsigt over det sydvestlige Norges Anthropologi»³ har jeg givet en Charakteristik væsentlig af Egdernes aandelige Typus, og sammenligner man denne med Rygernes, er den aandelige Lighed dem imellem ikke til at tage Feil af; men samtidig skulde da disse sidste være paavirket af den stærkere Tilblanding af det dolicho-mesocephale Folkeelements aandelige Egenskaber. Mærkeligt nok sporer man imidlertid ikke hos de to ytre Befolkningslag, som vi nu beskæftiger os med, nogen aandelig Indvirkning af denne Tilblanding, ialfald ikke i fordelagtig Retning. *Kun Rygernes Præg er ligesom bleven noget afsvækket, og Egderne danne saaledes en noget svagere Ud gave af disse, legemlig og aandelig talt.*

Den Veghed, som man i enkelte Retninger sporer allerede hos de gamle Rygers Efterkommere i Stavanger Amt — et eiendommeligt

¹ En saadan Dalbefolkning er karakteriseret under Lyngdal, S. 23.

² P. A. Munch, Det norske folks historie, I D., S. 29.

³ Særtryk af «Ymer», 1893.

Træk f. Ex. er deres Svaghed, naar de ser Blod — er her yderligere potenseret, og man maa derfor nævne en vis *aandelig og legemlig Veghed som et fremtrædende Træk hos Vest-Agders Befolkning*. Man mærker den paa saa mange Felter og Maader, enten der fordres Modstandskraft ved Arbejdsydelse, ved Modgang i Forretninger eller lign., Sygdom eller Dristighed i Foretagender — det blir det samme; det skorter paa Energi, seig Udholdenhed, moralsk Mod, og blir saa altfor let Forsagthed, Selvopgivelse, Frafald og Modløshed¹. Hvad Aarsagen hertil kan være, er ikke let at afgjøre, men ikke usandsynligt spiller her de yderst trange og fortrykte Livsvilkaar i Vest-Agder, der jo er ulige trangere end f. Ex. paa Jæderen, og deres Indflydelse paa Ernæringen en væsentlig Rolle som Aarsagsmoment. Disse Livsvilkaar har i Aarhundreder knuget paa Befolkningens Livskraft, der kanske ogsaa fra først af heller ikke var af den stærkeste Art, og Følgerne er da bleven dette vege, forsagte, nervøst ængstelige, smaalige, trangsynte, af og til ligesom aandeligt forkroblede Væsen, som man her saa ofte finder, og som udgjør et saa almindeligt Træk i Befolkningens Charakter. Men midt i denne store Samling af vege og svage kan der da igjen være en enkelt, som udmærker sig saa ulige fremfor de andre, og hos hvem man da kan finde en Djærvhed parret med roligt Mod og en Pligtopfyldelse, som søger sin Lige.

Prof. Sars mener, at *saavel Slaget ved Hafsrøfjord som Begivenhederne efterpaa har paavirket denne Del af Landet forholdsvis mere* end det øvrige, at de saavel led mere Tab derved, som ogsaa at Udvandringen derefter har været forholdsvis stærkere herfra end ellers². Adskilligt tyder jo derpaa — en enkelt Del, Kvinesdal f. Ex., gav jo saaledes som allerede nævnt en hel Bygd paa Sønderlandet paa Island sit Navn³. Hertil bidrog vel kanske ogsaa i nogen Grad Landets ringe Frugtbarhed — karrig var Naturen, og det, som var dyrkbart, var saa skrint og snaut tilmaalt — de kunde derfor mindre let bære de Tyngsler, som Harald Haarfagers Regimente lagde paa dem, og dels var det af den Grund heller ikke noget saa særdeles tungt at give Slip paa det, — det kostede mindre Forsagelse.

¹ Det er saaledes noksaa karakteristisk, men maaske ogsaa betinget i de locale Forhold, at deres Lodse aldrig er at træffe saa langt fra Hjemmet eller tilhavs som f. Ex. Nevnlunghavns- eller Færderlodsene.

² E. Sars, Udsigt over det norske Folks Historie. D. 1. 2. Udg. S. 158—59 og S. 179—80.

³ Efter velvillig privat Meddelelse fra Prof. S. Bugge skal ogsaa ifølge Undersøgelser paa Shetlandsøerne Dialekterne dersteds mest ligne de Agderske.

Under saadanne Forholde og Krigstilstande er det jo i Almindelighed de urolige, eventyrlystne, djærve og krigerske Elementer, der gaa tilgrunde eller søge bort, rømme Landet, medens de roligere, fredsmeligere, mere sedentære blive tilbage og danne Residuet af Befolkningen. At dette ikke har været uden Indflydelse paa den gjensiddende Befolknings senere Charakterudvikling, er noksaa rimeligt — tilmed naar den maa leve under trange Kaar — en Stamme taber ikke sine daadskraftige Ledere, sine aandeligt og legemligt overlegne Foregangsmænd, uden at den tager Skade og der efterlades mærkbare Spor igjennem Aarhundreder — derpaa er der fra saavel Norges som andre Landes Historie Beviser nok. De svagere, aandelige og legemlige Smaafolk og mere underordnede Charakterer blev, sammen med frigivne eller bortrømte Trælle, igjen, fandt sig i Forholdene og gav efterhaanden Racen sit svagere Præg. Det er jo ogsaa saa — efter Hafrsfjordslaget og Erling Skjalgsøns og hans Søns berømmelige Saga synker Rogaland og Agder ganske tilbage i en Glemselens Nat og tog ingen synderlig Del i Norges Historie under hele Middelalderen — de blev med en Gang de «stille i Landet».

Der er noget vist tiltalende i denne Prof. Sars's Opfatning, da der ved Vest-Agderne virkelig er noget, som ligesom tyder paa, at de have tabt sine legemlige og aandelige Foregangsmænd, nemlig deres mærkelige Mangel paa Foretagsomhed, Energi og Sammenhold. Spidserne, alt som har raget op over Folket og kunnet samle dem til større Foretagender, er ligesom blevne afbrudte og borte, og Resten er bleven staaende igjen uden Ledere — «lyttende til Bølgebraget». Tiltrods for Tilblandingen af dolicho-mesocephale Skalletyper — altsaa specielt nordgermaniske Stammelementer — mærker man derfor paa Vest-Agder saa lidet til disses mest fremtrædende Egenskaber i deres større aandelige og legemlige Modstandskraft, deres dristige Foretagsomhed og seige Udholdenhed — det blir saa ofte blot til Raisonnement og Snakken om en Ting, men intet andet — ingen Handling forøvrigt, for mange Betæneligheder, Ængstelighed og Forsagthed og for stor indbyrdes Mistro.

Under saadanne Forhold har naturligvis disse Egenes ringe Frugtbarhed og Mangel paa naturlige Hjælpkilder kunnet virke dobbelt igjennem de trykkende Livsvilkaar. Allerede Peder Claussøn, der henlevede hele sit Liv paa denne Kant af Landet, bemærker, at

den er ufrugtbar¹: «Denne er en maver Egn² imod de andre at regne i Riget»².

Ligesom allerede under Harald Haarfager de undersøgtlige Byrder, han paalagde, derfor synes at have føltes dobbelt tunge her, saaledes er der ogsaa vedblevet igjennem Tiderne paa denne Kant af Landet at herske en udpræget Uvillighed til alle Opofrelser af den Art, der ikke ligefrem kom Bygden tilgode. Skatter, Afgifter og Ydelser til Embedsmænd var yderst forhadte, men fremfor alt kviede man sig stærkt for Militærtjenesten³. Egdernes Mangel paa krigerske Tilbøieligheder og mindre Ambition i den Retning (som de have tilfældes med Jæderbuen), er tilstrækkelig illustreret ved det for en Del herfra udskrevne vesterlehnske Regiments bedrovelige Krigshistorie, da den norske Hær første Gang paany blev reist, idet det under Calmarkrigen 1611 og 1612 to Gange forlod sine Faner og gik hjem, den ene Gang fra Svinesund, den anden Gang fra Oddevald⁴, hvorfor deres Hjembygder senere blev ilagt store Bøder. Det blev imidlertid ikke bedre senere; Ulysten til «Kongens Tjeneste» vedblev, og Amtmand Holm skriver 1790: «Bønderne havde saa stor Frygt for denne, at de hellere gave det meste af, hvad de eiede, end de med sin gode Vilje tjente som Soldater»⁵.

Men, som vi have seet, viser Befolkningen sig ogsaa kun i ringere Grad at *besidde de physiske Betingelser herfor* — de staa jo i denne Henseende under det ellers saa meget lige Dalerne (S. 15) — og har heller ikke nogen Interesse for sin physiske Udvikling. Deres religiøse Synsmaade gjør ogsaa sit til, at de betragte sligt som verdsligt Tant og næsten ikke engang overensstemmende med den menneskelige Værdighed.

Som Soldat er Egden derfor ikke noget synderlig eftertragtelseværdigt Emne og maa behandles med Varsomhed, men da kan han ogsaa blive nok saa bra. Han er fra Barndommen kanske tildels daarlig ernæret og kun lidet vant til udholdende legemligt Arbeide, er magelig

¹ P. Clausson, Norges Beskrivelse, Kjobenhavn 1632, S. 63. Det er i Forbindelse hermed nok saa karakteristisk og betegnende, at der ikke fandtes noget Kloster paa Agdesiden. Der synes ligesom ikke at have været noget, som kunde friste Kirkens Mænd, der saa godt forstod at vælge og vrage.

² Tiltrods for disse Egenes saa enstemmig bevidnede Ufrugtbarhed er der dog ingen Del af Landet, hvor Efterspørgselen efter Jorden er saa stor som i Lister og Mandals Amt. Medens saaledes Skyldmarken ellers i Riget i de sidste 10 Aar har været i en Gjennemsnitspris af 1659 Kroner, har den her været 2379. Dette maa jo siges at være abnorme Forhold og viser, at her igrunden er overbefolket.

³ L. Daae, Nordmændenes Udvandring til Holland og England i nyere Tid, Christiania 1880, S. 68.

⁴ L. Daae, l. c., S. 68.

⁵ Topogr. Journal, H. VIII, S. 97.

og tung og træg, mangler ganske Sprækthed og Legemselasticitet — han er derhos meget nærtagen, forstaar ikke Spøg og bliver derfor let et sært, misfornøiet, klagende eller fordringsfuldt pukkende Væsen; der kan virke demoraliserende paa bedre Omgivelser.

Paa Grund af Mangel paa de physiske Betingelser, Øvelse og den tilvante Magelighed er hans Arbeidskraft ellers ogsaa kun mangelfuld og lidet udholdende. Ved de nu paagaende Jernbaneanlæg om Christianssand har indfødte Arbeidere kun i ringe Grad kunnet benyttes; selv paa gode Accorder kunde de af ovennævnte Grunde ikke tjene noget saaledes som de andre Arbeidere, og er der noget, hvortil der fordres saavel fysisk som kanske mest aandelig Modstandskraft, er han ogsaa kun sjelden brugbar. Ved Egs Sindssygeasyl f. Ex. maa de for at faa Vogtere eller Vogtersker ty til det Bergenske eller Østlandet, de indfødte holde det i Almindelighed i Længden ikke ud; men er der nogen af dem, som taaler det, kan de ogsaa blive særdeles brave og pligtroe Folk.

Ogsaa i Nævenyttighed synes de at staa tilbage (cfr. S. 33).

I det 17de og 18de Aarhundrede fandt fra Agdesiden en betydelig Udvandring Sted, især til Holland, senere ogsaa til England, væsentlig af yngre af begge Kjøen. Størsteparten af disse kom vel senere tilbage igjen, men at denne Udvandring i flere Henseender ikke har været uden betydelig og ikke altid heldig Indflydelse paa Befolkningen, kan neppe betvivles. Amtmand Holm finder saaledes: «at jo nærmere man kommer Søkanten, jo mere viger god Tænkemaade fra Almuesmanden, som bliver en Blanding af fremmede Nationers, hollandsk i Særdeleshed med egne, hvilken aarsages af den almindelige Overgang af Mand- som Kvindekjønnets, og disses ved Tilbagekomsten bagvendte Sæder»¹, og en anonym Forfatter omtrent ved Midten af det 18de Aarhundrede bemærker ogsaa: «Bønderne ved Søkanten ere meget tilbøielige til Søfart og særdeles til den hollandske Nations Levemaade, der medføre meget frit Liv og Magelighed»². Man sporer Virkningerne deraf dels i de hyppig her forekommende hollandske Mands- og Kvindenavne (Jan, Theis, Reinert, Adrian og Kvindenavnet Gesine), dels i den tiltalende Renlighed, som forekommer i disse Kystbygder, dels maaske ogsaa i det dannede Væsen, som Befolkningen her igjennem alle Lag er i Besiddelse af, og

¹ Topogr. Journal for Norge, H. IX, S. 52.

² L. Daae, l. c. S. 84.

som man neppe finder noget andetsteds blandt vor Landsalmue. En saadan Person, som den i sin Tid noksom bekjendte Malla Lalland fra Omegnen af Mandal, der mystificerede en hel Del dannede Familier i Kristiania saaledes, at de troede, hun var en skotsk adelig Dame, tror jeg vanskelig, andre Dele af vor Landbefolkning kunde præstere.

Men jeg skulde være tilboielig til at tro, at ad denne Vei ogsaa Sygelighed kan være tilført og specielt da Radesygen, der netop herjede denne Kant af Landet — denne sildige tertiære Form af Syfilis, hvis primære Former ikke usandsynligt kan være indført med saadanne hjemvendte Folk. Rigtignok finder man den først nævnt i Begyndelsen af dette Aarhundrede, da offentlige Foranstaltninger maatte tages imod den; men jeg kan ikke finde, at dette skulde tale imod dens Import fra den Kant, siden det netop er i disse Egne, den fandtes, ialfald synes det at maatte være plausible Grunde for dens Forekomst her. Igjennem Befolkningens ikke særdeles store ægteskabelige Troskab er den bleven mere og mere udbredt, indtil den har antaget de gamle invetererede Former, som tvang Staten til at gribe ind, og hvorunder den først i den senere Halvdel af dette Aarhundrede er bleven gjenkjendt som tilhørende Syfilis. At et Befolkningen fysisk svækkende Moment herved er bleven denne Landsdel paaført, derom kan man vel neppe være uenig. At den ogsaa i denne Landsdel saa stærkt udbredte *Scrophulo-Tuberculose* — stærkere end i nogen anden Del af Landet — kan staa i Forbindelse dermed, er vel vanskeligt at sige — her maa vel andre Momenter spille Hovedrollen, men det tyder jo ialfald paa fysisk Svækkelse iblandt Befolkningen. Kommer nu hertil ogsaa de stærkt udbredte *Sindssygdomme*, der igjennem Arveligheden og de hyppige consanguine Ægteskaber (12,5 pCt.) mere og mere angreb Slægterne, ødelagde deres Nervesystem og gjorde dem neurastheniske — har vi hermed givet en Række Potentser, der som en *circulus vitiosus* har kunnet virke deprimerende eller langsomt gnævende paa Befolkningens Livskraft.

Der er forholdsvis ogsaa mange Idioter i Amtet (22,2 paa 10,000 imod 21,6 for det hele Land), og Cassation for manglende Evner og Uskikkethed til at tilegne sig Exercits — «Naudenhed» — er ved Nedenæs Bataillon større end ved nogen anden Bataillon i Landet — men desuagtet maa Befolkningen som Helhed siges at have gode Aandsevner og staa paa et forholdsvis høit Oplysningstrin — saadanne Modsætningsforhold er jo ikke ualmindelige og ere tilsvarende i Stavanger Amt.

Af andre Charaktereieendommeligheder, som de have tilfældes med Rygerne, kan nævnes *Forbeholdenhed*, *Mistroiskhed*, *Mangel paa Ordholdenhed* og *Misundelighed*, der vel er potenseret ved de trange Livs-

vilkaar, som kanske ogsaa for en Del afføder deres bekjendte Smaalighed. Gjæstfriheden er ringe, om i det hele nogen, men de smaa Forhold forbyde jo omtrent sligt af sig selv. De have ogsaa vanskelig for at forstaa Spøg — de tror, man vil have dem tilbedste — hvad vel ogsaa bunder i den medfødte Mistænkelighed; de mangle *Gemytlighed og Humor*, som Jæderbuen dog kan vise, hvorimod der er nok af *kritisk Sands og Klandrelyst*.

Ligesom Rygerne har de ogsaa let for at *udtrykke sig mundtlig og tale med Ro og Besindighed*; deres stærke Tilbøielighed til at tale En efter Munden og jatte med En, ofte paa en høist usmagelig Maade, staar maaske i Forbindelse med den dannede Optræden, som de i Tidernes Løb have tilegnet sig, som jeg antager gjennem fremmed Paavirkning. Endskjønt deres Væsen saaledes igunden er noget indsmigrende og insinuerende, mangler de dog ikke Selvbevidsthed og Stolthed.

Som de øvrige Vestlændinger har de ogsaa den samme *Trang til med Forkjærlighed at beskæftige sig med abstrakte og aandelige Materier*, religiøs og politisk Discussion, men er dog maaske ei fuldt saa grublende og granskende indadvendte som Jæderbuen, de besidde nemlig ikke dennes seige Udholdenhed.

I deres religiøse Liv er der ofte det samme *mærke Syn paa Livet*, pietistisk Trangsyn med Dømmesyge, hvor vel atter de fortrykte Livsvilkaar maa tillægges megen Betydning. — De kunne saa vanskelig «løfte Blikket ud over Bibelgrændserne». — Baandet paa Ungdommen er vel kanske ikke fuldt saa strengt som paa Jæderen, men den maa dog nok som oftest stjæle sig til Fornøielserne.

Saavidt *Sædeligheden* kan bedømmes fra de uægte Fødsler, da staar denne høit; Natteløberi foregaar neppe nu i de ytre Dale — derimod roses ikke den ægteskabelige Troskab som noget særdeles.

Ædrueligheden er maaske noksaa tilfredsstillende, og i beruset Tilstand er ialfald Egden temmelig let at komme tilrette med, idet han ligesom Jærbuen i den Tilstand i Almindelighed kun er Venskabeligheden selv.

Som i Stavanger Amt saaledes er ogsaa i Vest-Agder en *mærkelig Standslighed raadende*. Medens ogsaa paa enkelte Kanter af Vestlandet, f. Ex. i Sætersdalen, Odelsmandsvældet og Husmandsproletariatet staa skarpt mod hinanden, finder man intet Spor til saadant her, hvor en Gaard staar i en Middelpris af nogle tusind Kroner, og alle saaledes omtrent er lige fattige og lige rige. Heller ikke mellem Husbond og Tjener aabner sig i saadanne Forhold nogen Kløft. Skjænd fra Husbondens Side vilde knapt blive taalt, legemlig Revselse vilde være uhørt.

Heraf den karakteristiske Rivning, som paa vore Storthing har vist sig, naar Sofartsloven har været paa Dagsordenen, og man saa er kommet til Punktet om Skipperens Strafferet over Matrosen. Østlændingen har i denne Sag holdt med Skipperen og paaberaabt sig Husbondens Magt over sin Tjener, men det har været Egderne en mørk Tale. «Det ene Menneske», siger Simon Lie, «maa ei lægge Haand paa det andet, der er skabt af Gud i hans Billede»¹. Som et smukt Træk paa christelig Ydmyghed kan her nævnes den enkelte Steder (Kvinesdal) nedarvede Skik, at Lægdslemmet sættes øverst ved Bondens Bord, et Forhold, som vilde være utænkeligt paa Østlandet.

Som Lyssider i Egdens Charakter maa da nævnes deres store *indbyrdes Hjælpsomhed i Ulykker, Nød og Trængsler*. Det synes at staa i stærk Modsigelse til, hvad tidligere er anført; men det skal for dette forbeholdne, indesluttede Folk ligesom komme til det yderste, forinden det ædle i Menneskecharacteren kan slaa igjennem og Hjertet rigtig kan aabne sig. Han er nemlig ligesom Rygen en Egoist, kanske paa Grund af Forholdene i end mere udpræget Grad end denne, men dog ogsaa som denne et Følelsesmenneske — der skal imidlertid stærke Impulser til for at lade det komme til Gjennembrud og til Offervillighed i Gjerningen, thi til dagligdags i Handel og Vandel kunne de indbyrdes være noksaa vanskelige og vrange og passe nøie paa hinanden. Som Rygen er han *nøisom og sparsommelig, men mangler dennes Arbeidsomhed*, hvad maaske ogsaa kan influeres noget af de lokale Forhold, da selv Jæderen leverer et taknemmeligere Jordsmon for derpaa lagt Arbeide end Vest-Agders Egne.

Egdernes *velopdragne, heftige, dannede og behageligt imødekommende* Væsen er ogsaa tiltalende for den fremmede og vinder En for dem, men desværre tabe de igjen saa let ved nærmere Bekjendtskab. I Klædedragt lægge de ogsaa for Dagen den samme Velanstændighed og «Pyntelighed», som er saa fremtrædende i hele deres Væsen; de kunne nok være tarvelig klædt, men altid ordentlig, — fillet ser man dem ikke, da ere de ikke fra denne Kant af Landet. Endskjønt «sytende» og ængstelig nervøs ofte i ubetydeligere Sygdomstilfælde, kunne de dog igjen ofte med Ro og Selvbeherskelse se Døden imøde, naar dette viser sig at være den eneste Udgang.

Til denne her givne aandelige Charakteristik af Kyst og den ytre Dals Befolkning danner da den *øvre Dalbefolkning* fra de *dolicho-mesocéphale Bygder* en temmelig stærk Modsætning; det er ligesom først

¹ L. Daae, Erindringer fra min Hjembygd, S. 35—36, Illustreret Nyhedsblads Nytaarsudgave 1861.

der, man mærker de aandelige Spor af det andet Skalleelements Tilblanding — *det synes saaledes, som om dette maa udgjøre over Halvparten, for det kan gjøre sin Indflydelse rigtig gjældende.* — Som den mest udprægede Repræsentant for den indre Dalbefolkning staar igrunden Eikedølen øverst i Lyngdalen, og hans aandelige Charakteristik er allerede given under den specielle Bygdebeskrivelse; jeg skal derfor ikke gjentage denne her, men henvise dertil S. 25.

Det er i det hele djærvere, kjækkere, mere modstandskraftige Folk med et freidigere og mere aabent Væsen, der dog ikke har det dannede og noget indsmigrende Tilsnit som den ytre Dalbefolkning. Efter sin fattige Leilighed ere de gjæstfrie, villige og snille, faa ogsaa af Amtmand Holm et bedre Skudsmaal end den ytre Dalbefolkning (cfr. S. 23) og staa i naturlig Begavelse, om end kanske i Oplysning ikke tilbage for den ytre. Ungdommens Liv er mindre bundet af de conventionelle Regler; de have sine festlige Sammenkomster med Lag, Dands og Moro, men derfor gaar ogsaa Natteløberiet tildels i Svang der, og Sædelighedstilstanden er ringere.

Man vil kanske her indvende, at denne sin Aandscharakter har disse Folk ikke paa Grund af de der forekommende andre Skalleformer, men det skyldes udelukkende deres Liv og som mere Fjeldfolk deres Milieu. Jeg vil ikke benægte, at det i nogen Grad bidrager dertil, det har styrket dem fysisk og aandelig og bidraget til at udvikle en større Charakterens Selvstændighed og derved givet det freidigere Væsen; men Overgangen er altfor pludselig til, at det kun skulde være deres Fjeldliv, som betingede det, og vilde man tage af den ytre Dalbefolkning og forsætte den under disse Forhold, tror jeg neppe, de vilde antage dette Væsen, ja de vilde dertil føle sig aldeles uskikket, det vilde man snart mærke — derimod har man utvivlsomt Lighedspunkter med Befolkningerne med samme Skalleforhold.

Foruden hvad vi allerede have nævnt om Vest-Agder, der bidrager til at give det sit Særpræg, bør heller ikke forbigaaes, at det ogsaa har sin *egen Bygningsskik*, idet den af Eilert Sundt beskrevne karakteristiske saakaldte *Mandalske* — eller vist rettere Vest-Agderske — Stueform er meget udbredt over dette Amt og strækker sig ogsaa ind over de nærmest tilgrændsende Dele af Nedenæs og Robygdelaget¹.

En anden Eiendommelighed udmærker ogsaa denne Landsdel, nemlig Gaardsnavnenes usædvanlig hyppige Endelse paa *land*, især i den østligere Del af Amtet, specielt Søgne. Det synes næsten, som Folket

¹ Om Bygnings-Skikken paa Landet i Norge af Eilert Sundt. Christiania 1862. S. 263.

her skulde være «ræket» over Havet og i overstrømmende Glæde over atter at kjende fast Land under Foden har kaldt alt, hvad de stødte paa og ryddede, for Land og ikke har kunnet finde noget mere tiltalende Ord, hvor skrint det end har været.

Vest-Agder mangler, naar man undtager Listerland, i mærkelig Grad de saakaldte *Bygdeborge* — det er disse primitive Befæstningsanlæg og Stenmure uden Anvendelse af Kalk paa vanskelig tilgængelige og derfor let forsvarbare Steder og Fjeldknatter, hvor Bygdefolket i urolige Tider formodentlig trak sig tilbage, og som forekomme saa forholdsvis hyppig mængsteds i det østfjeldske Norge. Mangelen af disse synes kanske at maatte udlægges som et Tegn paa, at Befolkningen har været faatallig og spredt og manglet det tilstrækkelige Sammenhold.

For Vest-Agder er man ikke i Besiddelse af dødt craniologisk Materiale — det har ikke været muligt at skaffe noget tilveie — alle Undersøgelser ere derfor udelukkende baserede paa cephalometriske Undersøgelser.

Tilbage staar nu Spørgsmaalet, om vi kunne finde en naturlig Forklaring for de anthropologiske Forhold, saaledes som de her foreligge, og hvad der kan have betinget, at de have grupperet sig paa denne Maade.

En Ting kunne vi jo forholdsvis temmelig let forklare, nemlig det Phænomen, at Brachycephalerne successive og meget regelmæssigt aftage, eftersom vi komme længere østover. Det maa jo simpelthen være betinget af, at *vi mer og mer fjerne os fra det store vestlandske brachycephale Udstraalingscentrum — Fæderen* — og nærme os de tilsvarende østlandske dolicho-mesocephale, hvorfra Tilblanding altsaa efterhaanden gjør sig gjældende.

Vanskeligere synes det at finde Aarsagsforholdet til den successive Aftagen i Brachycephalernes Procentforhold, eftersom man kommer længere og længere op i Dalen — gjør ogsaa her et tilsvarende Forhold sig gjældende? nærmer man sig her til et dolicho-mesocephalt Focus? eller hvordan ere disse livskraftige dolicho-mesocephale Folkerester komne op i de øverste Dalbunde og bleve afstængte fra Kysten ved mellemliggende Brachycephaler? er det Dalførenes eget eiendommelige Milieu, som paa en eller anden ukjendt Maade har kunnet omstøbe Craniet til øverst i Dalen at blive væsentlig dolicho-mesocephalt? Efter hvad der er nævnt under Stavanger Amts Anthropologi, række imidlertid neppe Livsvilkårene til for at forklare de forskjellige Skalleformers Optræden.

Kunne vi kanske antage, at det gamle Vest-Agder oprindelig har været befolket af Dolicho-Mesocephaler, men at senere indvandrende Brachycephaler, der have staaet over dem i Krigsdygtighed, havt bedre Vaaben eller været altfor overlegne i Antal, have trængt dem tilbage til disse Dalkroge? Adskilligt tyder ogsaa virkelig paa, at det stærke vestlandske brachycephale Centrum, Rogaland, i fjerne forhistoriske Tider har optraadt erobrende. Saavidt man kan tro Sagaerne, Halfs Saga f. Ex., har jo deres Herredømme strakt sig til midt ind i Thelemarken. Det kan kanske ogsaa synes, som om man i den eiendommelige Tradition, der knytter sig til de 3 Steder i disse vestagderske Dalfører, der bære det karakteristiske Navn Danefaldet, kunde have en Reminiscents om saadanne Kampe mellem Dalens Indbyggere og fremmede Erobrere: Daner.

Der er imidlertid ogsaa saa meget, som tyder paa, at den brachycephale Kystbefolkning oprindelig har været Nordens ældste Indbygger, og at Dolicho-Mesocephalerne først ere senere Indvandrere, at heller ikke den ovennævnte Supposition kan antages at være rigtig, endskjønt jeg ikke tør benægte dens Mulighed. Men man kunde da kanske antage, at disse sildigere Indvandrere, der sandsynligvis maa have staaet paa et saameget høiere Culturtrin og fortrinsvis været kvægavldrivende Folk, have skudt sig forbi den tidligere, her siddende brachycephale Kyst- og ytre Dalbefolkning og besat de maaske endda dengang folketomme og uoptagne Dalbunde, som laa Fjeldet med dets Beiter saameget nærmere og derfor vare mere skikkede for deres Bedrift. Det synes jo hertilands, som Brachycephalerne næsten alle Steder ere en væsentlig Kysten og den ytre Fjord eller Dal optagende Befolkning, der sandsynligvis derfor oprindelig maa have været fortrinsvis fiskeridrivende Folk.

En saadan, fredelig altsaa, Forskydning af den ene Befolkning forbi den anden er jo nok tænkelig, men lidet rimelig, naar Hensyn tages til hine fjerntliggende Tiders indbyrdes Stammeforhold og krigerske Aand — uden Kamp vilde det vel neppe gaaet for sig. Eller antage vi med Prof. Sars, at Udvandringen fra Agder og Rogaland har været forholdsvis betydelig, kunne vi kanske tænke os, at det væsentlig har været Dolicho-Mesocephalerne, som have forladt Landet, fordi de have været de mest frihedselskende, urolige, krigerske og eventyrlystne, som ikke have villet bøie sig under Haralds Aag, medens de fredeligere Brachycephaler sammen med frigivne Trælle, der jo ogsaa væsentlig have skrevet sig fra brachycephale Folk, ere blevne igjen og nu udgjøre de ytre Befolkningslag (cfr. S. 43).

Forholdene ville da frembyde en vis Lighed med Syd-Tyskland, der jo paa Folkevandringens Tid synes at have haft overveiende dolicho-mesocephal Befolkning, medens denne nu er næsten ganske forsvunden eller modificeret og Landene optagne af Brachycephaler. Man forsøgte engang at forklare denne Forvandling gennem Culturens Indflydelse og dens omdannende Virkning paa Craniumet; men den Theori er vist nu med Rette forladt. Rimeligere synes da den Forklaring at være, at den oprindelig herskende dolicho-mesocephale Befolkning igjennem sit urolige Krigsliv har lidt større Folketab, end Fødslerne kunde erstatte, medens den fredelige brachycephale Urbefolkning, der af de germaniske Erobrere kun var trængt tilbage til de ugjæstmildere Fjeldegne, har holdt sig i Ro og Fred og ikke udsat sit Liv og derved kunnet formere sig i langt større Proportion end de andre — efterhaanden ere de da blevne overlegne i Antal, og de faa tilbageblevne dolicho-mesocephale Elementer ere blevne absorberede. Kan man antage, at Brachycephalerne i det hele har hørt til en frugtbarere Race, hvad rigtignok ikke er sandsynligt, eller at ved Krydsningsforhold det brachycephale Cranium er mere stabilt arveligt end det dolicho-mesocephale, har jo Forvandlingsprocessen kunnet gaa endda hurtigere.

Hermed kan jo nok kanske være forklaret, hvorfor Kysten og de ytre Dale ere saa blottede for Dolicho-Mesocephaler, men ikke hvorfor de have holdt sig saa forholdsvis talrige i de øverste Dalbunde, hvor man mindst skulde kunnet vente den samme Frihedstrang og Eventyrlyst. Tilbage staar da, saafremt man ikke kan antage dem for trængte tilbage herop af Erobrere fra det brachycephale Centrum i Rogaland, der har besat Kysten og de ytre Dale, at forklare Forholdet som opstaaet derved, at disse øvre *Dalbygder have faaet sin Befolkning fra en anden Kant* — ad en anden Indvandningsvei — hvad jeg skulde være mest tilbøielig til at tro.

Under den specielle Beskrivelse har jeg nævnt, at flere af disse vestagderske Længdedalfører strække sig langt op i Fjeldmassen, at saaledes f. Ex. Siredalens øverste Gaard kun ligger henimod 3 Mil fra Lysebunden i Ryfylke, med hvilken Dalen den Dag idag staar i jævnlig Forbindelse, og hvorfra jeg derfor er tilbøielig til at antage den befolket. Ogsaa flere af de andre gaa langt op og ligge næsten jævnsides, kun en stiv Dagsmarsch skilt fra hinanden.

Betragter man Vest-Agder i Fugleperspektiv, maa man nærmest ligne det med et uhyre Ploieland, hvori de store Længdedalfører danne de dybere, men smale «Forer», der skille mellem de høiereliggende, brede, men temmelig ujævne Teige (Heierne). Paa Grund af den for-

holdsvis ringe Høide over Havet og den sydlige Beliggenhed befunder man sig paa disse Heier kun undtagelsesvis over Skovgrænsen og paa de lavere liggende endog inden Kornmodningens Rayon. Jorden er ei sjelden her bedre end i den af Elven gennem Aartusinder udvaskede, skrinde Dalbund, Fiskevand er der i mængdevis og stadig Tilgang paa Vildt, gode Beiter og Fjeldslaatter. Derfor maa disse Heier for mange af Bygderne betragtes som deres største Herlighed og bedste Indtægtskilde, og en stor Del af Dalens Befolkning tilbringer jo ogsaa som nævnt Sommeren heroppe. Paa de lavere liggende finder man nu hist og her spredt Smaagaarde, som tidligere efter deres Navn at dømme kun have været Sætre (— støl — sæl), og den ene Bygd gaar over Heien næsten direkte over i hinanden uden mellemliggende Skille. Paa Østlandet ved vi, at selv Høifjeldet ikke har været nogen stængende Skillevæg mellem Bygderne, men tvertimod endog Indvandningsveien for flere af vore Dales første Bebyggere — i endnu mindre Grad har da disse ovenbeskrevne Heie kunnet være det.

Da vi for enkelte af disse Dalbunde (Aaserall) ved, at der indtil for mange Aar siden ingen Veiforbindelse var udigjennem Dalføret, men derimod kun østover netop over Heiene, saa synes jo det med Bestemthed at pege paa, at *den Vei maa have været ialfald denne Befolknings Indvandningsvei*, at den under sit Sommerliv med sit Kvæg paa Heierne successive, eftersom Trakterne ere blevne optagne, er trukket vestover og efterhaanden er, om jeg saa maa sige, seget ned i den maaske endda dengang ubesatte og folketomme øverste Dalbund. Dette var en lettere Vei at komme did over den forholdsvis træbare Hei end opover fra Havet igjennem det trange, i den Tid sandsynligvis af Skove opfyldte, uveisomme Dalføre. Paa denne Maade antager jeg derfor, at *disse øverste Dalbygder ere blevne befolkede fra et østagersk dolicho-mesoccephalt Udstraa-lingscentrum*. Den i Aaserall bevarede Tradition, at det oprindeligt har været Sæterdal for Sætersdalen, har derfor noget af Sandsynlighedens Præg for sig, og paa samme Maade antager jeg Grindum og Eikebygd befolket ogsaa østenfra, da disse 3 Bygdebefolkninger have saa meget tilfældes i alle Henseender. Efterhaanden ere de da i Tidens Løb længere ud i Dalen komne i Kontakt med den ytre Dalbefolkning (Danerne?), der har været dem fremmed. At Berøringen ikke altid har været af freddelig Natur, derpaa synes da Sagnene om Danefaldet maaske at kunne tyde. Utbygdernes bløde Maalføre vilde jo forekomme de andre som dansk Tunge. Ganske at fraskrive denne, paa 3 Steder til ganske bestemte, i fortifikatorisk Henseende gunstige, Lokaliteter bundne Tradition enhver historisk Berettigelse og kun betragte det som et vestlandsk Vandresagn,

opfundet for at forklare Stedets eiendommelige Navn, tror jeg ikke, man her er berettiget til. Paa de to Steder danner det endnu Bygdegrænsen, hvilket forekommer mig noksaa karakteristisk. At det skulde være mod indtrængende danske Sørøvere, den seirrige Kamp skulde være udfægtet, finder jeg mindre sandsynligt; dertil ligge disse to Steder altfor langt oppe i Dalene.

Sur les conditions anthropologiques dans la Norvège du Sud-Ouest.

(Anthropométrie militaire de la préfecture de Lister-Mandal.)

Par le Dr. Arbo

médecin de brigade.

Tandis que dans la préfecture de Stavanger l'élément ethnique *brachycéphale* prédomine de la mer à la montagne, on observe dans la préfecture de Lister-Mandal (Agder occidental) une diminution successive de cet élément, se manifestant *d'ouest en est* (avec augmentation correspondante de la proportion des dolicho-mésocéphales), mais aussi d'une façon encore plus prononcée du bord de la mer au point culminant des vallées, qui ici vont toutes de *sud en nord*. Ainsi, tandis que l'index moyen vers la côte et dans le bas des vallées est encore *brachycéphale* (de moins en moins cependant à mesure qu'on avance vers l'est), il devient *mésocéphale* dans le haut des vallées par suite de la prédominance des dolicho-mésocéphales.

Pour *l'ensemble de la préfecture*, la forme du crâne, mesurée chez 1013 hommes d'après la méthode de Broca, accuse les proportions suivantes :

dolichocéphales	17,3 %
mésocéphales	26,8 —
brachycéphales	55,8 —

Il convient donc de distinguer dans cette préfecture, au point de vue anthropologique, entre la population côtière, celle des basses vallées, et celle des hautes vallées ou vallées de l'intérieur : les deux premières se rapprochent beaucoup l'une de l'autre, quoique il y ait naturellement aussi eu mélange avec la population des parties hautes.

L'auteur a par suite trouvé nécessaire de soumettre à un examen séparé les 22 districts à index moyen brachycéphale (81,18) et les 8 districts à index mésocéphale (78,94).

Chez les premiers (voir p. 8) il trouve que la tête a notablement augmenté de longueur, tout en diminuant moins de largeur, et que la face s'est allongée, sans se rétrécir (seule la largeur de la mâchoire inférieure s'est légèrement accrue). Il leur attribue donc un index facial microsème, et aux autres un indice mésosème. L'index nasal est aussi leptorhine pour ces derniers, tandis qu'il est mésorhine pour les districts brachycéphales. La couleur blonde y est aussi en général plus dominante.

Si l'on compare cette préfecture avec celle de Stavanger, on trouve que la *taille* a augmenté et est plus haute chez les mésocéphales que chez les brachycéphales. Au point de vue de *l'aptitude militaire* (52,8 %), la préfecture se trouve inférieure aux parties avoisinantes de la préfecture de Stavanger (les districts de Dalerne, qui ont 55,6 % contre 55,3 dans l'ensemble du royaume).

Les districts brachycéphales sont ici les moins favorisés, et restent de 10 % en-deçà des mésocéphales. La répartition géographique de l'aptitude militaire semble être tout-à-fait indépendante de la plus ou moins grande fertilité naturelle du sol; peut-être cependant y a-t-il lieu de croire à l'influence du milieu, et peut-être la libre existence dont les populations des vallées intérieures vivent tout l'été avec leurs troupeaux dans les parties montagneuses basses exerce-t-elle une influence avantageuse sur leur développement psychique.

Même *au point de vue psychique*, il y a une différence notoire entre ces deux classes de population. Tandis que celle des vallées extérieures et des côtes est très-prudente et très-réservée, et ne dit que rarement sa façon de penser d'une manière ouverte, la population du haut des vallées est plus franche et plus ouverte, et en somme plus mâle et plus énergique.

L'auteur arrive à ce résultat, que ces deux populations sont immigrées de côtés différents: celle des côtes et des vallées extérieures du centre fortement brachycéphale existant dans la préfecture de Stavanger, avec lequel elles sont moralement fort apparentées, tandis que celle des vallées intérieures a dû venir des centres dolicho-mésocéphales de la Norvège orientale par-dessus les contreforts des montagnes.

Skalleindices i Vest-Agder.

Indices	65	69	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	Sum
Præstegjæld.																								
Siredal.	»	»		»	1	»	1	3	3	4	3	6	5	10	1	4	2	1	»	1	»	»	»	45
Bakke og Gylnd.	»	»		1	»	»	3	»	4	7	7	11	10	4	4	3	6	1	»	»	»	1	»	64
Næs og Hitterø, Flekkefjord	»	»		»	»	2	»	2	7	4	6	6	6	3	3	2	5	»	2	»	»	1	»	49
og Landsogn, Fedde.	»	»		»	1	»	1	2	10	10	11	5	7	3	3	5	3	»	1	»	»	1	»	63
Liknæs og Kvinesdal.	»	»		»	1	»	»	5	3	4	4	2	2	3	2	»	1	»	»	»	»	»	»	27
Fjotland.	»	»		»	1	»	1	2	4	7	7	6	9	4	5	2	3	»	1	»	»	»	»	54
Vanse (Lister).	»	»		»	1	»	1	5	1	3	2	2	3	2	1	»	»	»	»	»	»	»	»	19
Farsund, Spind og Herred.	»	»		»	1	»	2	6	8	5	4	5	7	3	3	2	1	1	2	1	1	»	»	52
Lyngdal.	1 ¹	»		»	1	»	»	4	10	3	4	4	7	1	»	3	»	»	»	»	»	»	»	39
Hægebostad.	»	»		»	1	»	»	2	4	6	2	3	4	4	»	»	1	»	»	»	»	»	»	41
Eken.	»	»		»	3	7	2	4	6	2	3	3	4	4	»	»	1	3	1	1	»	»	»	39
S. Undal.	»	»	4	»	1	2	»	1	5	9	3	3	3	5	»	5	1	1	1	1	»	»	»	39
N. Undal.	»	»		»	1	2	»	5	5	6	5	6	3	6	1	2	3	2	»	»	»	»	»	48
Grindum.	»	»		»	1	2	4	6	6	6	4	5	3	2	»	»	»	»	»	»	»	»	»	41
Halsaa, Mandal og Hartmark.	»	»		»	1	»	»	3	5	7	2	2	11	4	4	3	2	»	»	1	»	»	»	46
Holme.	»	»		»	»	1	»	4	5	2	3	3	5	1	4	1	2	»	»	»	»	1	»	31
Øislebo og Laudal.	»	»		»	»	1	3	2	9	3	5	4	6	3	5	1	»	»	»	»	»	»	»	42
Bjelland.	»	»		»	1	1	5	3	7	4	9	4	3	2	»	1	»	»	»	»	»	»	»	41
Aaserall.	»	»		1	2	4	1	2	3	5	2	6	1	2	3	»	»	»	»	»	»	»	»	32
Finsland.	»	2		»	»	4	4	6	3	5	2	3	2	2	2	1	»	»	»	»	»	»	»	35
Søgne og Greipstad.	»	1		»	»	1	1	5	5	5	5	8	2	2	»	1	1	»	1	»	»	»	»	27
Christianssand.	»	»		»	»	1	3	1	2	8	4	4	5	2	3	1	»	1	1	1	»	»	»	40
Odde og Randosund.	»	»		1	»	»	1	1	6	1	10	4	4	6	»	»	1	»	1	»	»	»	»	36
Øvrebo, Vennesla og Hægebostad.	»	»		2	6	2	7	8	13	10	10	5	2	3	2	1	»	1	»	»	»	»	»	72
land.	»	»		1	1	3	3	4	2	4	3	2	»	1	3	1	2	1	»	»	»	»	»	30
Tveit og Birkenæs.																								
	1	1	4	7	21	34	47	74	132	122	117	110	110	76	50	39	34	11	11	5	2	4	1	1013

1 var væsentlig scaphocephal.

Skallebredder i Vest-Agder.

Skallebredder	139	140	141	142	143	144	145	146	147	148	149	150	151	152	153	154	155	156	157	158	159	160	161	162	163	164	165	166	167	168	169	170	171	Sum	
Præstegjæld.																																			
Siredal																																		45	
Bakke og Gylund																																		64	
Kvinesdal og Fjotland			1		2	1	1	1	1	3	3	3	3	3	3	4	5	4	4	6	1	4	3	1	5	2	3								49
Næs & Hitero, Flekkefjord og Fedde	137																													1				90	
	139																																	54	
Vanse																																		19	
Farsund, Spind og Herred																																		52	
Lyngdal		1																																39	
Hægebostad																																		41	
Eken	136																																	42	
	138																																	39	
Søndre Undal																																		41	
Nordre Undal																																		46	
Grindum																																		31	
Mandal, Halsaa og Hartmark																																		42	
Holme																																		41	
Oislebo og Laudal																																		32	
Bjelland																																		35	
Aaserall																																		27	
Finsland																																		40	
Sogne og Greipstad																																		36	
Christianssand																																		72	
Odde og Randosund																																		30	
Øvrebo, Vennesla og Hægeland																																		1,175	
Tveit og Birkenæs 136, 137, 138																																			
I I I	4	2	3	4	16	19	44	18	36	53	56	91	27	74	94	84	105	36	39	62	31	34	12	22	16	13	15	2	1	2	2	1	1,1	1013	

Legemshøiden i Vest-Agder.

[illegible]

Legemshøiden i Vest-Agder.

Legenshoide.	Undermaal.																				Sum.																
	153	154	156	157	158	159	160	161	162	163	164	165	166	167	168	169	170	171	172	173		174	175	176	177	178	179	180	181	182	183	184	185	186	187	188	
D. Præstegjæld: N. Undal.																																					
B.																																					
D. Mandal, Halsaa og Hart- mark.																																					
M.																																					
B.																																					
D. Holme, Oislebo og Laudal.																																					
M.																																					
B.																																					
D. Bjelland, Grindum og																																					
M. Finsland.																																					
B.																																					
D. Aaserall.																																					
M.																																					
B.																																					
D. Søgne og Greipstad.																																					
M.																																					
B.																																					
D. Øvrebo, Vennesla og																																					
M. Hægeland.																																					
B.																																					
D. Odde og Randesund.																																					
M.																																					
B.																																					
D. Christianssand By.																																					
M.																																					
B.																																					
D. Tveit og Birkenes.																																					
M.																																					
B.																																					
I	1	2	3	9	4	6	8	14	26	14	37	19	42	41	60	62	53	36	49	42	36	36	30	30	25	14	14	7	8	4	5	1	1	2	2742		

D == Dolichocephaler. M = Mesocephaler. B = Brachycephaler.

S
nillon

tiske).

Aasera

32 M

191.

151.

79.

100.

(24 M

138.

100.

(18 M

92.

(7 M

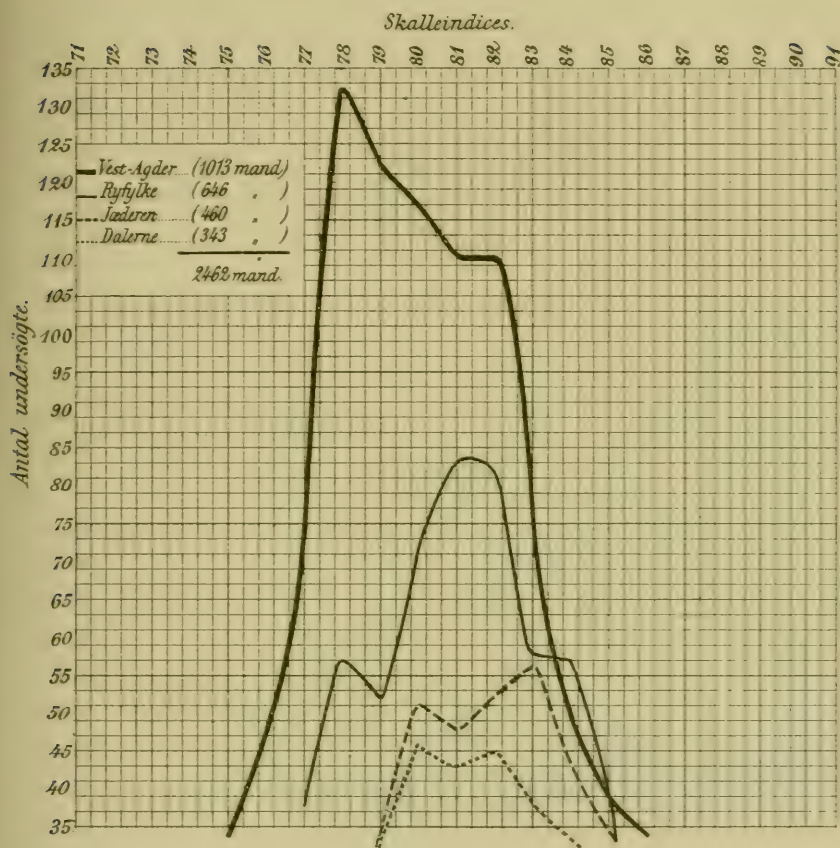
Tab. I.

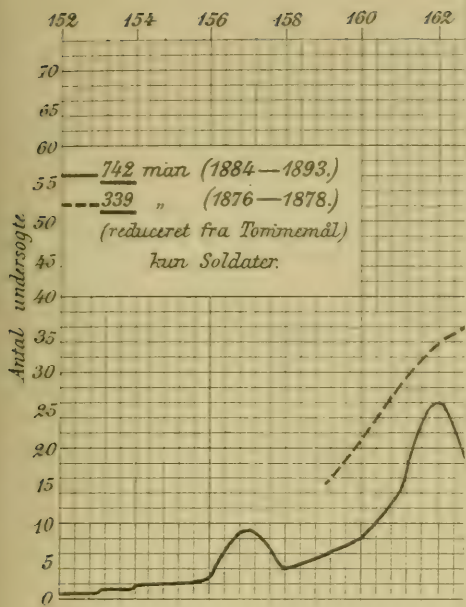
Middeltalsberegninger (arismetiske

Indholdsfortegnelse.

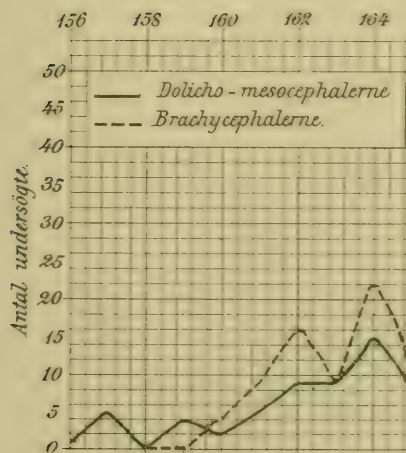
	Side
Lister og Mandals Amts gamle Benævnelser og Inddeling	1
De archæologiske Forhold	2
Generel anthropologisk Beskrivelse	2
Inddeling af Befolkningen	3
Amtets brachycephale og mesocephale Bygder	8
Haar, Hud og Øinenes Farve.	12
Legemshoiden og dens Forhold.	13
Legemsbygningen	14
Millærdygtigheden	15
Speciel anthropologisk Beskrivelse.	16
Siredal, Bakke og Gyland	17
Flekkefjord og Fedde	18
Kvinesdal og Fjotland.	19
Listerland eller Vanse	19
Farsund, Spind og Herred	21
Lyngdal	22
Hægebostad	23
Eken eller Eikebygd	24
Spangereid, Undalen og Grindum	27
Bjelland og Aaserall	28
Finsland, Øislebo og Laudal	31
Mandal, Holme, Halsaa og Hartmark	32
Søgne og Greipstad, Odde, Tveit og Birkenæs	33
Øvrebo, Vennesla og Hægeland.	34
Christianssand og Christianssanderne.	35
Forskjellige physiologiske Forhold.	39
Vest-Agder-Befolkningens aandelige Charakteristik	41
Ethnologisk Udredning	51

Curve over Skalleindices i Vest-Agder.

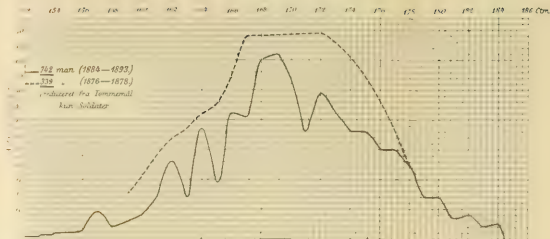




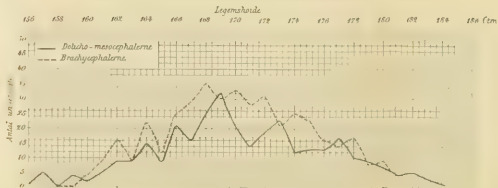
Höjdecurve for De



Hindcurve for Vist-Agler



Hindcurve for Dolicho-mescephalene og Brachycephalene i Vist-Agler.



Quelques théorèmes sur l'équation de Pell

$$x^2 - Dy^2 = \pm 1$$

et leurs applications

par

Carl Stormer

LIBRARY
NEW YORK
BOTANICAL
GARDEN

Videnskabselskabets Skrifter. I. Mathem.-naturvid. Klasse. 1897. No. 2

Udgivet for Fridtjof Nansens Fond

Christiania

En commission chez Jacob Dybwad

Imprimerie de A. W. Brøgger

1897

Fremlagt i den math.-naturv. Kl. d. 29de Januar 1897 af Dr. Elling Holst.

Quelques théorèmes sur l'équation de Pell

$$x^2 - Dy^2 = \pm 1$$

et leurs applications

par

Carl Størmer.

§ 1.

Introduction. Limite supérieure convenable pour l'exposant de la plus grande puissance d'un nombre premier p , qui divise $1.2.3....N$.

Par des considérations sur les solutions entières $x_1, x_2, \dots, x_n, c_1, c_2, \dots, c_n, k$ de l'équation:

$$c_1 \arctg \frac{1}{x_1} + c_2 \arctg \frac{1}{x_2} + \dots + c_n \arctg \frac{1}{x_n} = k \frac{\pi}{4}$$

j'ai été conduit à m'occuper des équations de la forme:

$$1 + x_2 = p_1^{a_1} \cdot p_2^{a_2} \dots p_n^{a_n}$$

où p_1, p_2, \dots, p_n sont des nombres premiers donnés et x_1, a_1, \dots, a_n des nombres entiers positifs.¹

¹ Voir mon mémoire: *Sur l'application de la théorie des nombres entiers complexes à la solution en nombres rationnels $x_1, x_2, \dots, x_n, c_1, c_2, \dots, c_n, k$ de l'équation $c_1 \arctg x_1 + c_2 \arctg x_2 + \dots + c_n \arctg x_n = k \frac{\pi}{4}$* , p. 20, So et S₃, publié dans *Archiv for Matematik og Naturvidenskab, Christiania 1896* et aussi dans les *Comptes-Rendus 1896*, c. 4 et 5.

Certaines circonstances me faisaient soupçonner que cette équation n'a qu'un *nombre fini* de solutions x et, en essayant de démontrer cette proposition, j'ai trouvé quelques théorèmes sur l'équation de Pell $x^2 - Dy^2 = \pm 1$, qui peuvent, je crois, être d'un certain intérêt et qui sont nouveaux, autant que je sache.

Dans mes recherches, je me suis servi d'un principe très-simple qui peut être appliqué avec succès à la solution de plusieurs équations indéterminées d'un degré supérieur, où les coefficients contiennent comme diviseurs les coefficients du binôme. Par ce principe, j'ai réussi, par ex., à résoudre complètement en nombres entiers m, n, x, y, k l'équation

$$m \operatorname{arc} \operatorname{tg} \frac{1}{x} + n \operatorname{arc} \operatorname{tg} \frac{1}{y} = k \frac{\pi}{4}$$

dont la discussion conduit aux équations de l'espèce ci-dessus.¹

Ce principe a pour point de départ une formule bien connue pour l'exposant α de la plus grande puissance du nombre premier p qui divise le produit $1.2.3 \dots N$. En effet, $E(x)$ désignant le plus grand entier contenu dans x , on aura, comme on le sait²:

¹ Voir mon mémoire: *Solution complète en nombres entiers m, n, x, y, k de l'équation $m \operatorname{arc} \operatorname{tg} \frac{1}{x} + n \operatorname{arc} \operatorname{tg} \frac{1}{y} = k \frac{\pi}{4}$* , Christiania Videnskabselskabs Skrifter 1895.

Il y a lieu de mentionner ici une lacune, d'ailleurs sans conséquence, que j'ai constatée dans ce mémoire dans la démonstration du théorème sur l'équation $1 + x^2 = 2z^n$. En effet, de la page 9, ligne 29, jusqu'à la p. 10, le calcul doit être remplacé par ce qui suit:

... où les signes au premier membre sont à choisir simultanément $+$ ou $-$. Il faut donc, que $\delta = 1$. En remarquant, que

$$A \pm A'i = (1 \pm i)(\alpha_1 \pm \beta_1)$$

il vient

$$(1 \pm i)[2(\alpha_1 \pm \beta_1) + 1] = \varepsilon_1(1 \pm i)$$

d'où, en divisant par $1 \pm i$:

$$2(\alpha_1 \pm \beta_1) + 1 = \varepsilon_2$$

où ε_2 est une unité, qui se réduit à ± 1 , parceque le premier membre est réel.

On aura ainsi

$$2\alpha_1 \pm 2\beta_1 = 0 \quad \text{ou} \quad 2\alpha_1 \pm 2\beta_1 = -2$$

qui, substitués dans (12), donnent

$$\varrho + (\varrho + 1)i = \varepsilon [\mp 2\beta_1 + 1 + 2i\beta_1]^n \quad \text{ou} \quad \varrho + (\varrho + 1)i = \varepsilon [\mp 2\beta_1 - 1 + 2i\beta_1]^n$$

qui ont tous les deux la même forme:

$$\varrho + (\varrho + 1)i = \varepsilon_1 [1 + 2r(1 \pm i)]^n$$

où ε_1 est une unité et où $r = \pm \beta_1$ etc.

² Voir LEGENDRE: *Théorie des nombres*. Introduction, XVI et XVII.

$$z = E\left(\frac{N}{p}\right) + E\left(\frac{N}{p^2}\right) + E\left(\frac{N}{p^3}\right) + \dots$$

Nous allons d'ailleurs remplacer cette formule par une autre plus convenable pour notre but. En effet, dans sa *Théorie des nombres*¹, LEGENDRE donne la formule suivante:

$$z = \frac{N - A - B - \dots - C}{p - 1}$$

$A, B, \dots C$ étant les coefficients de l'expression

$$N = Ap^\alpha + Bp^\beta + \dots + Cp^\gamma$$

où $\alpha, \beta, \dots \gamma$ sont des entiers positifs ou $= 0$, tous différents entre eux et où $A, B, \dots C$ sont des nombres entiers positifs $< p$, c'est-à-dire que N sera alors écrit dans le système de numération dont la base est p .

Or, la plus petite valeur de $A + B + \dots + C$ étant 1, on voit, que

$$z \leq E\left(\frac{N-1}{p-1}\right)$$

Le principe mentionné consiste alors à trouver des expressions simples du nombre entier au second membre ou à le remplacer par d'autres nombres entiers convenables.

Par exemple, dans mon travail déjà cité: *Solution complète* etc. j'ai remplacé $E\left(\frac{N-1}{p-1}\right)$ par $N-p+1$ et la relation subsiste encore pour tout nombre premier p . En effet, si $p \geq 2$ et $N \geq p$, on aura successivement:

$$\begin{aligned} p \cdot (p-2) &\leq N(p-2) \\ (p-1)^2 - 1 &\leq N(p-1) - N \\ N-1 &\leq (N-p+1)(p-1) \\ \frac{N-1}{p-1} &\leq N-p+1 \end{aligned}$$

d'où

$$z \leq N-p+1, \quad \text{c. q. f. d.}$$

Cette limite supérieure $N-p+1$ suffit dans beaucoup de cas; mais dans ce qui suit, il faut l'abaisser pour des nombres premiers > 2 .

¹ Voir l. c. Introduction XVI et XVII.

En effet, si $p \geq 3$ et si l'on pose $N = 2k + 1$, on aura $\frac{N-1}{p-1} \leq k$ c'est à dire:

Si p est un nombre premier ≥ 3 , la plus grande puissance de p qui divise $1.2.3...(2k+1)$ sera p^x , où

$$x \leq k \dots \dots \dots (1)$$

Si $p \geq 5$, et $N = 2k + 1$, on voit de la même manière que $x \leq E\left(\frac{k}{2}\right)$ et k étant ≥ 1 , on aura $E\left(\frac{k}{2}\right) \leq k - 1$, d'où:

Si p est un nombre premier ≥ 5 , la plus grande puissance de p , qui divise $1.2.3...(2k+1)$ sera p^x , où

$$x \leq k - 1 \dots \dots \dots (2)$$

Enfin, je vais mentionner, mais sans en faire l'application, que, si le nombre premier p est $\geq q + 1$, la plus grande puissance de p qui divise le produit

$$1.2.3...(kq + r + 1)$$

où $r < q$, sera égale ou inférieure à p^k : cela résulte immédiatement de ce qui précède.

§ 2.

Sur les solutions entières y de l'équation $x^2 - Dy^2 = \pm 1$, dont tout diviseur premier divise D .

Nous allons appliquer le principe mentionné ci-dessus à la recherche des solutions entières y de l'équation $x^2 - Dy^2 = \pm 1$, telles que tout nombre premier qui divise y , divise aussi D .

Considérons d'abord l'équation

$$x^2 - Dy^2 = -1 \dots \dots \dots (3)$$

Nous allons démontrer le théorème suivant:

Théorème 1.

Supposons que l'équation $x^2 - Dy^2 = -1$ admette des solutions entières positives x et y , D étant un nombre entier positif, et soit y_1 la plus petite solution y .

Alors deux cas peuvent se présenter:

- 1) ou bien il n'y aura aucune solution y telle que tout nombre premier diviseur de y le soit aussi de D .
- 2) ou bien il y en aura une seule et ce sera y_1 .

Pour démontrer ce théorème, rappelons nous d'abord quelques propriétés des diviseurs premiers d'une solution entière y de l'équation (3). Celle-ci peut s'écrire:

$$1 + x^2 = Dy^2.$$

Supposons que x et y sont des nombres entiers positifs. Alors tout diviseur premier p de Dy^2 divisera $1 + x^2$, somme de deux carrés premiers entre eux, et comme on le sait¹, il faut alors que $p = 2$ ou égal à un nombre premier de la forme $4h + 1$, h étant entier et positif. Or, si $1 + x^2$ est divisible par 2, x sera impair et $= 2x_1 + 1$, d'où

$$1 + x^2 = 2 + 4x_1 + 4x_1^2$$

qui est divisible par 2 mais non par 4. Par conséquent y sera impair et ne peut pas contenir d'autres diviseurs premiers que ceux de la forme $4h + 1$.

Tout nombre premier divisant y sera donc $\equiv 1 \pmod{4}$.

Soit maintenant y' une solution entière positive y' de l'équation (3) telle que tout nombre premier divisant y' , divise aussi D . Pour le trouver, appliquons la théorie bien connue de cette équation². On sait en effet, que si l'équation

$$x^2 - Dy^2 = -1 \tag{3}$$

admet des solutions en nombres entiers x, y elle en admettra une infinité et que toutes les solutions entières positives x_{2n+1}, y_{2n+1} peuvent être trouvées en identifiant les parties rationnelles et irrationnelles aux deux membres de l'équation

$$x_{2n+1} + y_{2n+1} \sqrt{D} = (x_1 + y_1 \sqrt{D})^{2n+1}$$

¹ Voir p. ex LEGENDRE *Théorie des Nombres* I, sec. 144.

² ibid. § 6 sec. 34.

où $2\nu + 1$ prend les valeurs impaires 1, 3, 5, 7, ... et où x_1 et y_1 sont les plus petites solutions entières positives, solutions qui sont appelées *solutions fondamentales*.

y' étant une solution y de l'équation (3) il faut donc que l'on ait pour une valeur convenable de $2\nu + 1$

$$y'_{2\nu+1} = y'.$$

En substituant pour $y'_{2\nu+1}$ sa valeur tirée de l'équation ci-dessus il vient

$$y_1 \cdot [(2\nu + 1)x_1^{2\nu} + U_1 + U_2 + \dots + U_k + \dots] = y'$$

où l'on a posé

$$U_k = \frac{(2\nu + 1) 2\nu (2\nu - 1) \dots (2\nu - 2k + 1)}{1 \cdot 2 \cdot 3 \dots (2k + 1)} x_1^{2\nu - 2k} y_1^{2k} D^k$$

$$(k = 1, 2, 3 \dots \nu).$$

Il faut donc que y' soit divisible par y_1 . Posons

$$y' = y_1 \cdot y''$$

Si $2\nu + 1 = 1$, on aura $y' = y_1$ et le théorème se trouvera démontré.

Supposons $2\nu + 1 > 1$.

Alors y' sera $> y_1$ et $y'' > 1$ et la plus petite valeur de $2\nu + 1$ étant 3, on aura toujours

$$U_1 > 0.$$

En substituant pour y' sa valeur ci-dessus, il vient

$$(2\nu + 1)x_1^{2\nu} + U_1 + U_2 + \dots + U_k + \dots = y''. \quad (4)$$

Mettons en évidence un diviseur premier p de y'' et posons

$$y'' = p^m \cdot y'''$$

y''' n'étant pas divisible par p . On sait que $p \geq 5$, parcequ'il est diviseur de y' , qui est une solution de l'équation (3).

En se rappelant la définition de y' , on peut poser $D = pD_1$, D_1 étant entier. Alors, dans l'équation (4) tout terme U sera divisible par p et aussi y'' , et par conséquent $(2\nu + 1)x_1^{2\nu}$. Mais x_1^2 n'étant pas divisible

par p , parceque $x_1^2 = Dy_1^2 - 1$, il faut que $2v + 1$ soit divisible par ce nombre. Posons

$$2v + 1 = p^n a$$

a n'étant pas divisible par p , et considérons le terme général U_k . On a

$$U_k = \frac{(2v+1) 2v(2v-1) \dots (2v-2k+1)}{1.2.3 \dots (2k+1)} x_1^{2v-2k} y_1^{2k} D^k$$

En posant pour $2v + 1$ et D leurs valeurs trouvées plus haut, U_k peut s'écrire :

$$U_k = p^{n+1} \frac{a.2v.(2v-1) \dots (2v-2k+1).p^{k-1}}{1.2.3 \dots (2k+1)} V_k$$

V_k étant un nombre entier positif.

Or, k étant ≥ 1 et $p \geq 5$, la formule 2 du paragraphe 1 montre que la plus grande puissance de p qui divise le dénominateur $1.2.3 \dots (2k+1)$ sera égale ou inférieure à p^{k-1} . En réduisant, le diviseur premier p disparaîtra ainsi dans le dénominateur, parceque p^{k-1} est facteur du numérateur. D'un autre côté, tous les autres diviseurs de $1.2.3 \dots (2k+1)$ diviseront $a.2v \dots (2v-2k+1)$ parceque

$$\frac{(2v+1) 2v(2v-1) \dots (2v-2k+1)}{1.2.3 \dots (2k+1)}$$

est un nombre entier.

Par conséquent la fraction dans l'expression de U_k doit se réduire à un nombre entier et l'on peut écrire

$$U_k = p^{n+1} M_k$$

M_k étant un nombre entier positif, et $k = 1, 2, 3, \dots v$.

En substituant ces valeurs de y'' , $2v + 1$ et $U_1, U_2, \dots U_k \dots$ et en remarquant que $U_1 > 0$, l'équation (4) peut s'écrire :

$$p^n a x_1^2 + p^{n+1} M = p^m y'''$$

où M est un nombre entier positif.

Or, si $m \leq n$, y''' ou $a x_1^{2v}$ serait divisible par p , ce qui est contraire à l'hypothèse. Il faut donc que $m = n$, c'est à dire que :

La plus grande puissance du nombre premier p , qui divise y'' , divisera aussi $2v + 1$ et la somme des termes U .

En appliquant ce résultat à tous les diviseurs premiers de y'' , on voit que $2\nu + 1$ sera divisible par y'' et la somme des termes U le sera aussi, c'est-à-dire que l'équation (4) prend la forme

$$y'' \cdot cx_1^{2\nu} + y'' \cdot N = y''$$

où c et N sont des nombres entiers positifs, d'où

$$cx_1^{2\nu} + N = 1$$

ce qui est impossible.

La supposition $2\nu + 1 > 1$ conduit ainsi à une contradiction et sera à rejeter. Par conséquent $2\nu + 1 = 1$ et $y' = y_1$, c'est-à-dire que :

S'il existe une solution y' jouissant de la propriété demandée, ce ne pourra donc être que y_1 , c. q. f. d.

Nous allons faire voir, que le théorème analogue subsiste encore pour l'équation de Pell

$$x^2 - Dy^2 = 1. \quad (5)$$

En effet, on a :

Théorème 2.

Si D est un nombre entier positif non carré, l'équation de Pell $x^2 - Dy^2 = 1$ admet, comme on le sait, toujours des solutions entières positives x et y . Soit y_1 la plus petite des solutions y .

Alors deux cas peuvent se présenter :

- 1) *ou bien il n'y aura aucune solution y telle que tout nombre premier diviseur de y le soit aussi de D ;*
- 2) *ou bien il y en aura une seule et ce sera y_1 .*

La démonstration de ce théorème est analogue à celle du théorème précédent, mais il se présente ici, comme nous allons le voir, une certaine difficulté à propos du diviseur premier 3.

Rappelons nous d'abord quelques propositions fondamentales et bien connues¹ sur l'équation de Pell $x^2 - Dy^2 = 1$. En effet, si D est un

¹ Voir p. ex. LEGENDRE: *Théorie des nombres* I, § 6.

nombre entier positif non carré, cette équation admet, comme on le sait, toujours *une infinité de solutions entières positives* x_n, y_n qui peuvent toutes être trouvées en identifiant les parties rationnelles et irrationnelles aux deux membres de l'équation

$$x_n + y_n \sqrt{D} = (x_1 + y_1 \sqrt{D})^n$$

où n prend toutes les valeurs entières positives 1, 2, 3, ... et où x_1 et y_1 sont les plus petites solutions entières positives, solutions qui sont appelées *solutions fondamentales*.

Il y a lieu de remarquer que x_1 est > 1 , parceque $x_1 = 1$ donnerait $y_1 = 0$.

Si n est pair et égal à $2v$ on trouve pour y_{2v} :

$$y_{2v} = 2v x_1^{2v-1} y_1 + \frac{2v \cdot (2v-1) (2v-2)}{1 \cdot 2 \cdot 3} \cdot x_1^{2v-3} y_1^3 D + \dots \\ + 2v x_1 y_1^{2v-1} D^{v-1}$$

qui est comme on le voit *divisible par* x_1 .

Soit maintenant y' une solution y , dont tout diviseur premier divise D . Il faut donc que l'on ait, pour une valeur convenable de n

$$y_n = y'.$$

Or, *n ne peut pas être pair*. En effet, y_n et par conséquent y' serait alors divisible par x_1 , et x_1 étant > 1 il contiendrait un diviseur premier > 1 appartenant à y' et en même temps à D , conformément à l'hypothèse; mais cela est impossible, puisque $x_1^2 - D y_1^2 = 1$.

Par conséquent *n sera impair*, égal à $2v + 1$, et on revient à la même équation que dans la démonstration du théorème précédent, savoir

$$y_1 [(2v + 1) x_1^{2v} + U_1 + U_2 + \dots + U_k + \dots] = y'$$

où

$$U_k = \frac{(2v + 1) 2v (2v - 1) \dots (2v - 2k + 1)}{1 \cdot 2 \cdot 3 \dots (2k + 1)} \cdot x_1^{2v - 2k} y_1^{2k} D^k$$

$$k = 1, 2, 3, \dots, v.$$

Mais il y a ici cette différence que D et par conséquent aussi y' peuvent contenir n'importe quel diviseur premier.

On voit que y' doit être divisible par y_1 . Posons

$$y' = y_1 \cdot y''.$$

Si $2\nu + 1 = 1$, y' sera $= y_1$ et le théorème se trouvera démontré.

Supposons que $2\nu + 1 > 1$.

Alors $y'' > 1$ et en divisant par y_1 , l'équation ci dessus prend la forme:

$$(2\nu + 1)x_1^{2\nu} + U_1 + U_2 + \dots + U_k + \dots = y'' \dots \dots \dots (6)$$

Il faut se rappeler que $U_1 > 1$, parceque $2\nu + 1 \geq 3$.

Supposons d'abord que y'' soit pair. Alors y' , et par conséquent aussi D , seront pairs et il en sera de même de U_1, U_2, \dots , qui contiennent D comme diviseur. Pour que l'équation (6) soit satisfaite, il faut donc que $(2\nu + 1)x_1^{2\nu}$ soit pair, ce qui est impossible, $2\nu + 1$ et $x_1^2 = 1 + Dy_1^2$ étant impairs.

Il faut donc que y'' soit impair.

Tout diviseur premier de y'' sera donc $= 3$ ou ≥ 5 . Pour tout diviseur premier ≥ 5 on trouve comme dans la démonstration du théorème précédent, que:

La plus grande puissance d'un nombre premier ≥ 5 , qui divise y'' , divisera aussi $2\nu + 1$ et la somme des termes U .

Mais pour le diviseur premier 3, la méthode ne suffit pas comme on le voit aisément et il faut alors recourir à un artifice. On aura à traiter les cas suivants:

- 1) D non divisible par 3.
- 2) D divisible par 3 et Dy_1^2 divisible par 9.
- 3) D divisible par 3 mais Dy_1^2 non divisible par 9.

1) Dans le premier cas, tout diviseur premier de y'' sera ≥ 5 et on trouve comme dans la démonstration du théorème précédent, que $y' = y_1$ et que le théorème est vrai.

2) Considérons le second cas.

Si y'' n'est pas divisible par 3, on aura comme auparavant $y' = y_1$. Soit alors y'' divisible par 3 et posons

$$y'' = 3^\beta \cdot P$$

où P n'est pas divisible par 3 et par conséquent ne contient que des diviseurs premiers $\overline{\geq} 5$. Tout terme U au premier membre de (6) étant divisible par Dy_1^2 , c'est-à-dire par 3, il faut que $(2\nu + 1)x_1^{2\nu}$ le soit aussi et $x_1^2 = Dy_1^2 + 1$ n'étant pas divisible par 3, il faut que $2\nu + 1$ soit divisible par ce nombre. Posons :

$$2\nu + 1 = 3^a . a$$

a n'étant pas divisible par 3.

Considérons le terme général U_k :

$$U_k = \frac{(2\nu + 1) 2\nu(2\nu - 1) \dots (2\nu - 2k + 1)}{1.2.3 \dots (2k + 1)} x_1^{2\nu - 2k} (Dy_1^2)^k$$

En posant ici $2\nu + 1 = 3^a . a$ et en remarquant que Dy_1^2 est divisible par 3^2 , ce terme peut s'écrire :

$$U_k = 3^{a+k} \frac{a.2\nu(2\nu - 1) \dots (2\nu - 2k + 1).3^k}{1.2.3 \dots (2k + 1)} V_k$$

où V_k est un nombre entier positif.

Or, d'après la formule (1) du paragraphe 1, la plus grande puissance de 3 qui divise $1.2.3 \dots (2k + 1)$ sera égalé ou inférieure à 3^k et on reconnaît comme précédemment que la fraction ci-dessus doit se réduire à un nombre entier, d'où

$$U_k = 3^{a+k} . M_k$$

où M_k est un nombre entier positif. ($k = 1, 2, 3, \dots, \nu$).

En substituant ces valeurs dans (6) et en remarquant que $U_1 > 0$, l'équation devient

$$3^a . a x_1^{2\nu} + 3^{a+1} . M = 3^\beta . P$$

M étant entier et positif, ce qui exige que $\alpha = \beta$, c'est à dire, que :

La plus grande puissance de 3 qui divise y'' divisera aussi $2\nu + 1$ et la somme des termes U .

D'un autre côté, tout autre diviseur premier de y'' est $\overline{\geq} 5$ et obéit à la même règle, comme nous l'avons démontré précédemment. Par conséquent, l'équation (6) peut s'écrire

$$y'' . c x_1^{2\nu} + y'' . N = y''$$

d'où

$$c x_1^{2\nu} + N = 1$$

c et N étant des nombres entiers positifs, ce qui est impossible.

On aura donc

$$y' = y_1.$$

3) *Prenons enfin le dernier cas.*

Alors 3 divisera D mais non y_1 .

Supposons d'abord que y'' n'est pas divisible par 3; alors tout diviseur premier de y'' sera ≥ 5 et l'on trouvera comme auparavant $y' = y_1$.

Supposons maintenant y'' divisible par 3. On peut poser

$$y' = 3z'$$

et z' sera une des solutions entières positives z de l'équation

$$x^2 - D'z^2 = 1$$

où $D' = 9D$. Mais tout diviseur premier de z' divisera D' , et en appelant z_1 la plus petite solution z , $D'z_1^2 = 9Dz_1^2$ sera divisible par 9 et l'on retombe ainsi sur le second cas.

Il faut donc que

$$z' = z_1.$$

Or, on peut aisément exprimer z_1 à l'aide des solutions fondamentales x_1 et y_1 de l'équation $x^2 - Dy^2 = 1$. En effet, $3z$ étant une solution $y_{2\nu+1}$ de cette équation, $3z_1$ sera évidemment la première des solutions $y_{2\nu+1}$ qui sera divisible par 3. Nous avons maintenant, en posant $D = 3D_1$:

$$y_{2\nu+1} = (2\nu + 1)x_1^{2\nu}y_1 + 3D_1K$$

K étant entier.

Mais $x_1^2 = 3D_1y_1^2 + 1$ n'est pas divisible par 3 et il en est de même de y_1 . Par conséquent, la plus petite valeur de $2\nu + 1$ rendant $y_{2\nu+1}$ divisible par 3 sera

$$2\nu + 1 = 3$$

ce qui donne

$$y' = 3z_1 = y_3 = 3y_1(x_1^2 + D_1y_1^2)$$

d'où

$$y'' = \frac{y'}{y_1} = 3(x_1^2 + D_1y_1^2)$$

Or, nous avons vu que tout diviseur premier $p \geq 5$ qui divise y'' divisera $2\nu + 1$. Mais $2\nu + 1$ étant $= 3$, y'' qui est impair ne peut donc pas contenir d'autres diviseurs premiers que 3 et il faut que

$$x_1^2 + D_1 y_1^2 = 3^e$$

Mais

$$x_1^2 - 3D_1 y_1^2 = 1$$

parceque x_1 et y_1 sont des solutions de l'équation $x^2 - Dy^2 = 1$, ce qui donne

$$4x_1^2 = 3^{e+1} + 1$$

ce qui peut s'écrire

$$(2x_1 - 1)(2x_1 + 1) = 3^{e+1}.$$

Mais, x_1 étant > 1 , les deux facteurs du premier membre sont > 1 et doivent être divisibles tous deux par 3, ce qui est impossible, parceque leur différence est $= 2$.

Par conséquent j'' ne peut pas être divisible par 3 et ce cas est à rejeter.

L'on aura donc toujours

$$j'' = j_1 \quad \text{c. q. f. d.}$$

Par les théorèmes démontrés, la recherche des solutions j de l'équation $x^2 - Dy^2 = \pm 1$, dont tout diviseur premier divise D , est ramenée à chercher, si cette équation soit possible en nombres entiers x, y et dans le cas affirmatif à trouver la solution fondamentale j_1 , — un problème qui est complètement résolue et bien connu.¹

§ 3.

Recherche de tous les nombres de la forme $1 + x^2$ qui sont divisibles par les nombres premiers $p_1 p_2 \dots p_n$, mais non par d'autres nombres premiers.

Solution de quelques problèmes analogues.

Nous allons voir que le théorème 1 suffit pour résoudre complètement le problème énoncé ou, ce qui revient au même, pour trouver toutes les solutions entières positives $x, \alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_n$ de l'équation

$$1 + x^2 = p_1^{\alpha_1} p_2^{\alpha_2} \dots p_n^{\alpha_n}$$

où p_1, p_2, \dots, p_n sont des nombres premiers donnés.²

¹ Voir p. ex. LEGENDRE: *Théorie des nombres* I, § 5 et 6.

² J'avais posé ce problème comme question dans *l'Intermédiaire des Mathématiciens*, T. III, p. 197.

Nous allons poser le problème d'une façon encore plus générale et chercher la solution complète en nombres entiers positifs x, a_1, a_2, \dots, a_n de l'équation :

$$1 + x^2 = K \cdot a_1^{a_1} \cdot a_2^{a_2} \dots a_n^{a_n}$$

où K, a_1, a_2, \dots, a_n sont des nombres entiers donnés.

Je vais démontrer le théorème suivant :

Théorème 3.

A supposer que l'équation

$$1 + x^2 = K a_1^{a_1} \cdot a_2^{a_2} \dots a_n^{a_n}$$

soit possible en nombres entiers positifs x, a_1, a_2, \dots, a_n , les nombres entiers positifs K, a_1, a_2, \dots, a_n étant donnés et tous > 1 , elle n'aura qu'un nombre fini de solutions x , qui se trouvent toutes parmi les solutions fondamentales x des équations :

$$x^2 - D_1 y^2 = -1$$

$$x^2 - D_2 y^2 = -1$$

$$\dots \dots \dots$$

$$x^2 - D_\nu y^2 = -1$$

où D_1, D_2, \dots, D_ν sont toutes les valeurs du produit :

$$D = K a_1^{\varepsilon_1} \cdot a_2^{\varepsilon_2} \dots a_n^{\varepsilon_n}$$

les ε étant supposés de toutes les manières possibles $= 1$ et $= 2$.

Le nombre de solutions x ne peut pas dépasser 2^n .

Pour démontrer ce théorème, considérons le produit

$$P = K a_1^{a_1} \cdot a_2^{a_2} \dots a_n^{a_n}$$

où les exposants a_1, a_2, \dots, a_n peuvent avoir toutes les valeurs entières et positives possibles. Posons, pour tout exposant a_i

$$a_i = \varepsilon_i + 2\varrho_i$$

où ε_i est $= 1$, si a_i est impair, et $= 2$, si a_i est pair. ϱ_i sera alors un nombre entier ou $= 0$. Le produit P peut maintenant s'écrire

$$P = K a_1^{\varepsilon_1} \cdot a_2^{\varepsilon_2} \dots a_n^{\varepsilon_n} \cdot a_1^{2\varrho_1} \cdot a_2^{2\varrho_2} \dots a_n^{2\varrho_n} = D \cdot A^2$$

en posant

$$Ka_1^{\varepsilon_1}.a_2^{\varepsilon_2} \dots a_n^{\varepsilon_n} = D$$

$$a_1^{\varrho_1}.a_2^{\varrho_2} \dots a_n^{\varrho_n} = A$$

où, nous le répétons, $\varepsilon_1, \varepsilon_2, \dots, \varepsilon_n$ sont $= 1$ et $= 2$ et $\varrho_1, \varrho_2, \dots, \varrho_n$ des nombres entiers positifs ou $= 0$.

Si l'on donne maintenant à $\alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_n$ toutes les valeurs entières positives, on obtient une infinité de produits P et aussi une infinité de nombres A , mais, les nombres K, a_1, a_2, \dots, a_n étant donnés, on n'aura qu'un *nombre fini* de valeurs de D correspondant à toutes les manières différentes dont on peut choisir $\varepsilon_1, \varepsilon_2, \dots, \varepsilon_n$ égaux à 1 ou 2. Soient ces valeurs

$$D_1, D_2, \dots, D_k, \dots, D_\nu.$$

Tous les produits P sont ainsi distribués en ν classes, contenant chacune une infinité de produits P , pour lesquels D aura la même valeur D_k .

Considérons tous les produits P appartenant à la même classe correspondant à la valeur D_k . Nous allons démontrer *qu'il y en aura un au plus satisfaisant à l'équation*

$$1 + x^2 = P,$$

où x est un nombre entier positif. En effet, en substituant pour P sa valeur $D_k A^2$, l'équation peut s'écrire :

$$x^2 - D_k A^2 = -1.$$

Or, toute valeur de A a par définition la propriété que tout nombre premier qui divise A , divisera aussi D_k . Donc, en vertu du théorème 1, ou bien l'équation sera impossible ou bien il n'existera *qu'une seule solution* A qui sera égale à la plus petite des solutions entières et positives y de l'équation

$$x^2 - D_k y^2 = -1$$

c'est-à-dire égale à la solution fondamentale y_1 et la valeur correspondante x sera la solution fondamentale x_1 .

A toute valeur D_k correspond ainsi au plus une solution x , et par conséquent les solutions entières positives de l'équation

$$1 + x^2 = Ka_1^{\alpha_1}.a_2^{\alpha_2} \dots a_n^{\alpha_n}$$

se trouvent toutes parmi les solutions fondamentales x des équations

$$x^2 - D_1 y^2 = -1$$

$$x^2 - D_2 y^2 = -1$$

$$\dots\dots\dots$$

$$x^2 - D_n y^2 = -1$$

et les solutions correspondantes $\alpha_1, \alpha_2, \dots \alpha_n$ sont données par les valeurs correspondantes des y .

Il reste à trouver *une limite supérieure* du nombre de solutions x et d'après ce qui précède cette limite sera le nombre de manières différentes dont on peut choisir les $\varepsilon_1, \varepsilon_2, \dots \varepsilon_n$ égaux à 1 et à 2.

Pour trouver ce nombre, supposons que m des exposants ε sont = 2 et les autres = 1. Comme on le sait, dans la série $\varepsilon_1, \varepsilon_2, \dots \varepsilon_n$, on peut choisir les m exposants ε de

$$\frac{n.(n-1) \dots (n-m+1)}{1.2.3 \dots m}$$

manières différentes. En faisant successivement $m = 0, 1, 2, \dots n$ on aura ainsi le nombre total

$$1 + \frac{n}{1} + \dots + \frac{n.(n-1) \dots (n-m+1)}{1.2.3 \dots m} + \dots + 1 = 2^n$$

ce qui sera la limite supérieure cherchée.

Le théorème se trouve ainsi complètement démontré.

A l'aide du théorème démontré ci-dessus, l'équation

$$1 + x^2 = K a_1^{\alpha_1} a_2^{\alpha_2} \dots a_n^{\alpha_n}$$

se trouve *complètement résolue* en nombres entiers positifs $x, \alpha_1, \alpha_2, \dots \alpha_n$, quand les $K, a_1, a_2, \dots a_n$ sont des nombres entiers donnés ou, ce qui revient au même, *on peut trouver toutes les valeurs entières positives des exposants $\alpha_1, \alpha_2, \dots \alpha_n$ pour lesquels le produit*

$$K.a_1^{\alpha_1}.a_2^{\alpha_2} \dots a_n^{\alpha_n}$$

sera de la forme $1 + x^2$, x étant entier.

En effet, le problème est ramené à trouver les solutions fondamentales des équations de la forme $x^2 - Dy^2 = -1$, où D n'a qu'un nombre fini de valeurs données et comme on le sait¹, on peut toujours décider si une telle équation est possible en nombres entiers x, y et dans le cas affirmatif, trouver ses solutions fondamentales.

Il y a un cas particulièrement intéressant du théorème 3, celui où les nombres a_1, a_2, \dots, a_n sont des nombres premiers.

Nous allons appliquer ce cas spécial pour résoudre complètement les problèmes suivants²:

1) trouver tous les nombres entiers de la forme $1 + x^2$ qui sont divisibles par les nombres premiers p_1, p_2, \dots, p_n , mais non par d'autres nombres premiers.

2) trouver tous les nombres entiers de la forme $1 + x^2$, dont tous les diviseurs premiers se trouvent parmi les nombres premiers p_1, p_2, \dots, p_n .

3) trouver tous les nombres entiers de la forme $1 + x^2$, dont le plus grand diviseur premier est p_n .

Pour chacun des ces problèmes on ne trouvera qu'un nombre fini de solutions, comme les tables de diviseurs des nombres $1 + x^2$ de GAUSS le faisaient d'ailleurs soupçonner. En effet, dans les *Œuvres complètes* de GAUSS³, T. II, p. 477 (en allemand) on trouve une table de décompositions des nombres de la forme $1 + x^2$ en leurs diviseurs premiers pour tous les diviseurs premiers égaux ou inférieurs à 197 et en consultant cette table on est conduit à croire, que les problèmes ci-dessus n'ont qu'un nombre fini de solutions. GAUSS semble avoir remarqué cette circonstance, car il a ajouté une liste des nombres $1 + x^2$ contenues dans sa table, dont le plus grand diviseur premier est respectivement 5, 13, 17, ... 197; mais rien ne prouve qu'il ait démontré que leur nombre fût fini, et peut-être son résultat était-il empirique; en effet, la table en question a été trouvée parmi ses manuscrits posthumes et la note de M. SCHERING relative à cette table (l. c. p. 523) ne signale nullement l'existence d'une pareille loi.

¹ Voir p. ex. LEGENDRE: *Théorie des nombres* I, § 5 et 6.

² Dans ce qui suit, les nombres premiers p_1, p_2, \dots, p_n peuvent être supposés $\equiv 2$ ou de la forme $4h + 1$ comme nous l'avons dit dans le paragraphe 2 (p. 7).

³ GAUSS, WEBER, II, Göttingen 1876.

Nous allons résoudre complètement les problèmes ci-dessus en leur appliquant le théorème 3.

Considérons d'abord *le premier problème*.

Ce problème revient, comme on le voit, à résoudre complètement en nombres entiers positifs $x, \alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_n$ l'équation

$$1 + x^2 = p_1^{\alpha_1} \cdot p_2^{\alpha_2} \cdot \dots \cdot p_n^{\alpha_n}$$

où p_1, p_2, \dots, p_n sont des nombres premiers donnés, qui peuvent être supposés différents entre eux.

Alors le théorème 3 donne immédiatement la solution complète en y posant

$$K = 1, \quad \alpha_1 = p_1, \quad \alpha_2 = p_2, \quad \dots, \quad \alpha_n = p_n$$

et l'on trouve

qu'il n'y a qu'un nombre fini de nombres de la forme $1 + x^2$ qui sont divisibles par les nombres premiers p_1, p_2, \dots, p_n , sans l'être par d'autres nombres premiers et que les valeurs correspondantes de x se trouvent toutes parmi les solutions fondamentales x des équations

$$\begin{aligned} x^2 - D_1 y^2 &= -1 \\ x^2 - D_2 y^2 &= -1 \\ &\dots \dots \dots \\ x^2 - D_r y^2 &= -1, \end{aligned}$$

où D_1, D_2, \dots, D_r sont toutes les valeurs du produit $p_1^{\varepsilon_1} \cdot p_2^{\varepsilon_2} \cdot \dots \cdot p_n^{\varepsilon_n}$, quand les ε sont faits de toutes les manières possibles $= 1$ ou $= 2$ à l'exception de la valeur $p_1^2 \cdot p_2^2 \cdot \dots \cdot p_n^2$.

Le nombre de solutions ne peut pas dépasser $2^n - 1$.

En effet, la valeur $D = p_1^2 \cdot p_2^2 \cdot \dots \cdot p_n^2$ étant un carré parfait, l'équation $x^2 - Dy^2 = -1$ devient impossible dans ce cas, et la limite supérieure 2^n dans le théorème 3 peut ainsi être remplacée par $2^n - 1$.

Il faut remarquer qu'il peut bien arriver que d'autres valeurs D_k soient à rejeter, savoir celles pour lesquelles l'équation correspondante $x^2 - D_k y^2 = -1$ devient impossible, ou celles pour lesquelles la solution fondamentale y correspondante contient des diviseurs premiers autres que p_1, p_2, \dots, p_n .

Mais cela peut toujours être décidé pour chaque valeur particulière D_k , comme nous l'avons dit auparavant (p. 19).

Considérons le cas où $p_n = 2$.

En remplaçant $n - 1$ par n , on aura alors à trouver *tous les nombres pairs de la forme $1 + x^2$, divisibles par les nombres premiers impairs p_1, p_2, \dots, p_n sans l'être par d'autres nombres premiers impairs.*

Or, dans le paragraphe 2, nous avons vu que tout nombre pair de la forme $1 + x^2$ aurait la forme $2P$, où P est impair. Le problème équivaut ainsi à trouver toutes les solutions entières positives x, a_1, a_2, \dots, a_n de l'équation

$$1 + x^2 = 2 p_1^{a_1} p_2^{a_2} \dots p_n^{a_n}$$

où p_1, p_2, \dots, p_n sont des nombres premiers impairs tous différents entre eux.

La solution découle immédiatement du théorème 3, en y posant

$$K = 2, \quad a_1 = p_1, \quad a_2 = p_2, \quad \dots, \quad a_n = p_n$$

et l'on trouve

qu'il n'y a qu'un nombre fini de nombres pairs de la forme $1 + x^2$, divisibles par les nombres premiers impairs p_1, p_2, \dots, p_n , sans l'être par d'autres nombres premiers impairs, et que les valeurs correspondantes de x se trouvent toutes parmi les solutions fondamentales x des équations:

$$\begin{aligned} x^2 - 2D_1 y^2 &= -1 \\ x^2 - 2D_2 y^2 &= -1 \\ &\dots \dots \dots \\ x^2 - 2D_\gamma y^2 &= -1, \end{aligned}$$

où $D_1, D_2, \dots, D_\gamma$ sont définis comme dans le cas précédent, et y compris la valeur $D = p_1^2 p_2^2 \dots p_n^2$.

Le nombre de solutions ne peut pas dépasser 2^n .

Considérons le second problème.

Comme on le voit, ce problème revient à trouver toutes les valeurs entières positives ou $= 0$ des exposants a_1, a_2, \dots, a_n , pour lesquels les

$$p_1^{a_1} p_2^{a_2} \dots p_n^{a_n} = 1 + x^2,$$

x étant entier et > 0 , et l'on voit aisément, d'après le théorème 3,

qu'il n'y aura qu'un nombre fini de solutions x , qui se trouvent toutes parmi les solutions fondamentales x des équations

$$\begin{aligned} x^2 - D_1 y^2 &= -1 \\ x^2 - D_2 y^2 &= -1 \\ &\dots\dots\dots \\ x^2 - D_\mu y^2 &= -1, \end{aligned}$$

où $D_1, D_2, \dots D_\mu$ sont toutes les valeurs non carrées du produit $p_1^{\varepsilon_1} \cdot p_2^{\varepsilon_2} \dots p_n^{\varepsilon_n}$, quand les ε sont faits de toutes les manières possibles $= 0$, $= 1$ et $= 2$.

Nous allons trouver une limite supérieure du nombre de solutions que comporte ce problème. On aura évidemment que μ sera une telle limite.

Pour trouver μ , choisissons dans le produit

$$D = p_1^{\varepsilon_1} \cdot p_2^{\varepsilon_2} \dots p_n^{\varepsilon_n}$$

m des exposants ε égaux à zéro, les $n - m$ autres ε étant égaux à 1 ou à 2.

On peut choisir les m exposants $\varepsilon = 0$ de

$$\frac{n \cdot (n-1) \dots (n-m+1)}{1 \cdot 2 \cdot 3 \dots m}$$

manières différentes; considérons un quelconque des produits D correspondants à un système donné des m exposants ε ; les $n - m$ ε restants peuvent, d'après ce qui précède, être $= 1$ et $= 2$ de 2^{n-m} manières différentes et parmi les D correspondants il faut rejeter celui, où tous les ε sont $= 2$.

Chaque système de m exposants $\varepsilon = 0$ donne ainsi $2^{n-m} - 1$ valeurs de D ; par conséquent, il y aura en tout

$$\frac{n \cdot (n-m) \dots (n-m+1)}{1 \cdot 2 \cdot 3 \dots m} (2^{n-m} - 1)$$

valeurs de D , non carrées, m des ε étant $= 0$ et les autres $= 1$ ou $= 2$.

En choisissant successivement $m = 0, 1, 2, \dots n$, on aura ainsi

$$\begin{aligned} \mu &= 2^n - 1 + \frac{n}{1} (2^{n-1} - 1) + \dots + \\ &+ \frac{n \cdot (n-1) \dots (n-m+1)}{1 \cdot 2 \cdot 3 \dots m} (2^{n-m} - 1) + \dots + \frac{n}{1} (2 - 1) + (2^0 - 1) \end{aligned}$$

ou

$$\mu = (2^n + \frac{n}{1} 2^{n-1} + \dots + \frac{n}{1} [2 + \frac{1}{2}]) - (1 + \frac{n}{1} + \dots + \frac{n}{1} + 1)$$

c'est-à-dire

$$\mu = 3^n - 2^n.$$

Le nombre de solutions du problème ne peut donc pas dépasser $3^n - 2^n$.

Si l'on veut trouver tous les nombres pairs de la forme $1 + x^2$, dont tous les diviseurs premiers impairs se trouvent parmi les nombres premiers p_1, p_2, \dots, p_n , on verra de la même manière

que les x correspondants se trouvent parmi les solutions fondamentales x des équations

$$x^2 - 2D_1y^2 = -1$$

$$x^2 - 2D_2y^2 = -1$$

$$\dots \dots \dots$$

$$x^2 - 2D_iy^2 = -1,$$

où D_1, D_2, \dots, D_i sont toutes les valeurs du produit $p_1^{\epsilon_1} p_2^{\epsilon_2} \dots p_n^{\epsilon_n}$, quand les ϵ sont faits de toutes les manières possibles $= 0, 1$ et 2 .

On trouve que le nombre de solutions ne peut pas dépasser 3^n , y compris la solution $1 + 1^2 = 2$.

Il ne peut donc y avoir plus de $2 \cdot 3^n - 2^n$ nombres entiers de la forme $1 + x^2$, dont tous les diviseurs premiers impairs se trouvent parmi les nombres premiers impairs p_1, p_2, \dots, p_n .

Considérons enfin le troisième problème.

On est alors conduit à l'équation:

$$1 + x^2 = p_1^{a_1} p_2^{a_2} \dots p_{n-1}^{a_{n-1}} p_n^{a_n}$$

où p_n est un nombre premier donné et p_1, p_2, \dots, p_{n-1} tous les nombres premiers $< p_n$. En se rappelant que tout diviseur premier de $1 + x^2$ sera $= 2$ ou égal à un nombre premier de la forme $4k + 1$, k étant entier, et que $1 + x^2$ n'est jamais divisible par 4 , on peut écrire l'équation ainsi:

$$1 + x^2 = 2^{\delta} 5^{a_1} 13^{a_2} \dots p_{n-1}^{a_{n-1}} p_n^{a_n}$$

où $5, 13, \dots, p_{n-1}$ sont tous les nombres premiers de la forme $4h + 1$, qui sont $< p_n$ et où $\delta = 0$ ou $= 1$, α_n un nombre entier positif et $\alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_{n-1}$ des nombres entiers positifs ou $= 0$.

D'après ce qui précède, on voit que *toutes les solutions entières et positives x du problème se trouvent parmi les solutions fondamentales x des équations:*

$$x^2 - D_1 y^2 = -1$$

$$x^2 - D_2 y^2 = -1$$

$$\cdot \quad \cdot \quad \cdot \quad \cdot \quad \cdot \quad \cdot$$

$$x^2 - D_\varrho y^2 = -1$$

où $D_1, D_2, \dots, D_\varrho$ sont toutes les valeurs non carrées du produit

$$D = 2^\delta \cdot 5^{\varepsilon_1} \cdot 13^{\varepsilon_2} \cdot \dots \cdot p_{n-1}^{\varepsilon_{n-1}} \cdot p_n^{\varepsilon_n},$$

quand $\delta = 0$ ou $= 1$, $\varepsilon_n = 1$ ou $= 2$ et $\varepsilon_1, \varepsilon_2, \dots, \varepsilon_{n-1}$ étant faits de toutes les manières possibles égaux à $0, 1$ ou 2 .

On trouve aisément que si p_n est le $n^{\text{ième}}$ des nombres premiers de la forme $4h + 1$, il ne peut y avoir plus de $4 \cdot 3^{n-1} - 2^{n-1}$ nombres entiers de la forme $1 + x^2$, dont le plus grand diviseur premier soit p_n .

La solution des problèmes précédents nous conduit au théorème suivant :

Théorème 4.

Quelque grand que soit le nombre positif P , on peut toujours assigner un autre nombre M_P tel que tout nombre entier de la forme $1 + x^2$, qui est $> M_P$, contienne toujours un diviseur premier $> P$.

En effet, soient

$$5, 13, 17, \dots, p_{n-1}, p_n$$

tous les nombres premiers de la forme $4h + 1$, qui sont $\leq P$.

D'après ce qui précède, on peut alors trouver toutes les valeurs entières et positives de x , pour lesquelles tous les diviseurs impairs de

$1 + x^2$ se trouvent parmi ces nombres premiers. Soit x_1 la plus grande de toutes ces valeurs de x . x_1 sera un nombre fini et si l'on choisit

$$x > x_1,$$

$1 + x^2$ contiendra toujours un diviseur premier $> P$. La limite $1 + x_1^2$ sera aussi la plus basse de toutes les limites M_P du théorème.

Comme application, nous allons trouver tous les nombres entiers de la forme $1 + x^2$, dont tous les diviseurs premiers sont ≤ 13 .

Les seuls nombres premiers de la forme $4h + 1$ qui sont ≤ 13 étant 5 et 13, on aura à résoudre complètement l'équation

$$1 + x^2 = 2^\delta \cdot 5^m \cdot 13^n$$

x étant un nombre entier positif arbitraire, $\delta = 0$ ou $= 1$ et m et n des exposants entiers ou $= 0$, tous les trois arbitraires.

D'après ce qui précède, toutes les solutions x se trouvent parmi les solutions fondamentales x des 14 ($= 2 \cdot 3^2 - 2^2$) équations

$$x^2 - D_1 y^2 = -1$$

$$x^2 - D_2 y^2 = -1$$

$$\dots \dots \dots$$

$$x^2 - D_{14} y^2 = -1$$

où les D_1, D_2, \dots, D_{14} sont:

$$2, \quad 5, \quad 13, \quad 2 \cdot 5, \quad 2 \cdot 13, \quad 2 \cdot 5^2, \quad 2 \cdot 13^2, \quad 5 \cdot 13, \quad 5^2 \cdot 13, \quad 5 \cdot 13^2, \\ 2 \cdot 5 \cdot 13, \quad 2 \cdot 5^2 \cdot 13, \quad 2 \cdot 5 \cdot 13^2, \quad 2 \cdot 5^2 \cdot 13^2$$

ou par ordre de grandeur

$$2, \quad 5, \quad 10, \quad 13, \quad 26, \quad 50, \quad 65, \quad 130, \quad 325, \quad 338, \quad 650, \quad 845, \quad 1690, \quad 8450.$$

A l'aide des tables de solutions de l'équation $x^2 - D y^2 = -1$ qui se trouvent dans le tome I de LEGENDRE: *Théorie des nombres*, et aussi par un calcul direct, on trouve comme solutions fondamentales x, y des équations $x^2 - D y^2 = -1$ correspondantes:

D	2	5	10	13	26	50	65	130	325	338
x	1	2	3	18	5	7	8	57	18	239
y	1	1	1	5	1	1	1	5	1	13

D	650	845	1690	8450
x	imp.	12238	imp.	54608393
y	imp.	421	imp.	594061

Les valeurs $D = 650$ et $D = 1690$ ne donnent pas de solutions, parceque l'équation $x^2 - Dy^2 = -1$ devient alors impossible, et les solutions correspondant à $D = 845$ et $D = 8450$ sont à rejeter, parceque les y correspondants contiennent des diviseurs premiers > 13 ; enfin $D = 13$ et $D = 325$ donnent les mêmes solutions x .

On aura ainsi *le système complet de solutions*:

$$\begin{aligned}
 1 + 1^2 &= 2 \\
 1 + 2^2 &= 5 \\
 1 + 3^2 &= 10 = 2 \cdot 5 \\
 1 + 5^2 &= 26 = 2 \cdot 13 \\
 1 + 7^2 &= 50 = 2 \cdot 5^2 \\
 1 + 8^2 &= 65 = 5 \cdot 13 \\
 1 + 18^2 &= 325 = 5^2 \cdot 13 \\
 1 + 57^2 &= 3250 = 2 \cdot 5^3 \cdot 13 \\
 1 + 239^2 &= 57122 = 2 \cdot 13^4
 \end{aligned}$$

et l'on est sur que si $x > 239$, c'est-à-dire si $1 + x^2 > 57122$, le nombre $1 + x^2$ contient toujours un diviseur premier > 13 .

On trouve les mêmes nombres dans les tables de diviseurs des nombres $1 + x^2$ de GAUSS. (Voir p. 19).

५३८

Cas d'impossibilité de quelques systèmes d'équations indéterminées de la forme:

$$1 + x^2 = K.z_1^{a_1}.z_2^{a_2} \dots z_n^{a_n}$$

Le théorème 1 suffit aussi pour trouver une foule de cas d'impossibilité des systèmes d'équations de la forme énoncée.

En effet, j'ai trouvé le théorème général:

Théorème 5.

Soit donné le système d'équations simultanées

$$\left. \begin{aligned} I + x_1^2 &= K . z_1^{\alpha_{11}} . z_2^{\alpha_{12}} . \dots . z_n^{\alpha_{1n}} \\ I + x_2^2 &= K . z_1^{\alpha_{21}} . z_2^{\alpha_{22}} . \dots . z_n^{\alpha_{2n}} \\ &\vdots \\ I + x_p^2 &= K . z_1^{\alpha_{p1}} . z_2^{\alpha_{p2}} . \dots . z_n^{\alpha_{pn}} \end{aligned} \right\} \dots \dots \dots (7)$$

où K est un nombre entier donné et où les exposants α sont des nombres entiers positifs ou $= 0$, et où x_1, x_2, \dots, x_r , et z_1, z_2, \dots, z_n sont des nombres entiers positifs arbitraires > 1 , les x étant tous différents.

Si nous remplaçons tout a qui n'est pas égal à 0 par 1 s'il est impair, et par 2, s'il est pair — et que nous appelions $D_1, D_2, \dots D_r$ les produits en résultant aux seconds membres, le système (7) ne pourra pas être satisfait en nombres entiers $x_1, x_2, \dots x_n, z_1, z_2, \dots z_n$, si deux des produits D sont égaux entre eux.

Pour démontrer ce théorème, posons pour tout α

$$\alpha = \varepsilon + 2\rho$$

où ε est $=0$, si $\alpha=0$, $=1$, si α est impair, mais $=2$, si α est pair.
 q sera alors entier positif ou $=0$. On aura donc pour chacun des seconds membres des équations ci-dessus

$$K.z_1^{a_{i1}}.z_2^{a_{i2}}\dots z_n^{a_{in}}=K.z_1^{\varepsilon_{i1}}\dots z_n^{\varepsilon_{in}}.z_1^{2\theta_{i1}}\dots z_n^{2\theta_{in}}=D_i y_i^2$$

En posant

$$K z_1^{\varepsilon_{i1}} z_2^{\varepsilon_{i2}} \dots z_n^{\varepsilon_{in}} = D_i$$

$$z_1^{q_{i1}} z_2^{q_{i2}} \dots z_n^{q_{in}} = y_i$$

D_i aura ainsi la même signification que dans l'énoncé du théorème.

q n'étant > 0 que si le ε correspondant est 0, tout diviseur premier de y_i divisera D_i , quels que soient d'ailleurs les nombres entiers z_1, z_2, \dots, z_n .

Supposons maintenant que deux des produits D , par. ex. D_i et D_j aient la même valeur D ; les équations correspondantes peuvent alors s'écrire:

$$x_i^2 - Dy_i^2 = -1$$

$$x_j^2 - Dy_j^2 = -1$$

Or, x_i et x_j étant par hypothèse différents entre eux, il en sera de même de y_i et y_j ; d'un autre côté, tout diviseur premier de y_i et de y_j divisera D , et l'on aura ainsi deux solutions entières différentes $y = y_i$ et $y = y_j$ de l'équation

$$x^2 - Dy^2 = -1$$

ayant cette propriété, ce qui d'après le théorème 1 est toujours impossible, quelle que soit d'ailleurs la valeur de D .

Par conséquent, les deux équations ne peuvent pas être satisfaites simultanément, ou, en d'autres termes, le système (7) est dans ce cas impossible en nombre entiers, c. q. f. d.

Il y a une foule de cas intéressants du théorème démontré. Je mentionnerai, p. ex, le corollaire suivant:

Corollaire 1.

Si les exposants

$$\alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_m, \alpha'_1, \alpha'_2, \dots, \alpha'_n \\ \beta_1, \beta_2, \dots, \beta_m, \beta'_1, \beta'_2, \dots, \beta'_m$$

sont des nombres entiers positifs soumis uniquement à cette condition, que tous les α soient impairs et tous les β pairs, les équations

$$1 + x^2 = K \cdot z_1^{\alpha_1} \cdot z_2^{\alpha_2} \cdot \dots \cdot z_n^{\alpha_n} \cdot u_1^{\beta_1} \cdot u_2^{\beta_2} \cdot \dots \cdot u_m^{\beta_m}$$

$$1 + y^2 = K \cdot z_1^{\alpha_1'} \cdot z_2^{\alpha_2'} \cdot \dots \cdot z_n^{\alpha_n'} \cdot u_1^{\beta_1'} \cdot u_2^{\beta_2'} \cdot \dots \cdot u_m^{\beta_m'}$$

où K est entier et positif, ne peuvent pas être satisfaites simultanément en nombres entiers positifs $x, y, z_1, z_2, \dots, z_n, u_1, u_2, \dots, u_m$, tous > 1 et $x \leq y$.

En effet, le produit D aura pour les deux équations la même valeur

$$D = K \cdot z_1 z_2 \dots z_n \cdot u_1^2 u_2^2 \dots u_m^2$$

De ce corollaire on tire la conclusion suivante:

Corollaire 2.

Si $K, z_1, z_2, \dots, z_n, u_1, u_2, \dots, u_m$ sont des nombres entiers positifs donnés, tous les z et u premiers entre eux et > 1 , et les $\alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_n, \beta_1, \beta_2, \dots, \beta_m$ des exposants entiers positifs soumis uniquement à cette condition, que tous les α soient impairs et tous les β pairs, il existe au plus un seul système des exposants α et β pour lequel le produit

$$P = K \cdot z_1^{\alpha_1} \cdot z_2^{\alpha_2} \cdot \dots \cdot z_n^{\alpha_n} \cdot u_1^{\beta_1} \cdot u_2^{\beta_2} \cdot \dots \cdot u_m^{\beta_m}$$

aura la forme $1 + x^2$, x étant entier, et ce système sera donné, s'il existe, par la décomposition en facteurs du nombre $1 + x_1^2$, où x_1 est la solution fondamentale x de l'équation:

$$x^2 - (K \cdot z_1 z_2 \dots z_n \cdot u_1^2 u_2^2 \dots u_m^2) \cdot y^2 = -1.$$

En effet, d'après le corollaire 1, l'équation $1 + x^2 = P$ aura au plus une seule solution $x = x_1$ qui conformément au théorème 1 sera déterminée de la manière indiquée. Enfin le nombre $1 + x_1^2$ ne peut être mis sous la forme $K \cdot z_1^{\alpha_1} \cdot z_2^{\alpha_2} \cdot \dots \cdot z_n^{\alpha_n} \cdot u_1^{\beta_1} \cdot u_2^{\beta_2} \cdot \dots \cdot u_m^{\beta_m}$ que d'une seule manière, parceque s'il y en avait une autre, de telle sorte que

$$K \cdot z_1^{\alpha_1} \cdot z_2^{\alpha_2} \cdot \dots \cdot u_m^{\beta_m} = K \cdot z_1^{\alpha_1'} \cdot z_2^{\alpha_2'} \cdot \dots \cdot u_m^{\beta_m'}$$

où z_1, z_2, \dots, u_m sont premiers entre eux, il faudrait nécessairement que $\alpha_1 = \alpha_1', \alpha_2 = \alpha_2', \dots, \beta_m = \beta_m'$, et il n'y aura donc plus qu'un seul système d'exposants α et β remplissant les conditions exigées, c. q. f. d.

Du corollaire 1 on tire le théorème suivant:

Théorème 6.

Parmi les solutions entières positives y de l'équation $x^2 - Dy^2 = -1$ il en est une au plus qui est divisible par les nombres premiers donnés $p_1 p_2 \dots p_n$ sans l'être par d'autres nombres premiers. S'il existe une pareille solution y' , elle sera

$$y' = p_1 p_2 \dots p_n z_1$$

où z_1 est la solution fondamentale z de l'équation

$$x^2 - (D p_1^2 p_2^2 \dots p_n^2) z^2 = -1.$$

En effet, s'il en était deux, on aurait

$$y_i = p_1^{v_1} p_2^{v_2} \dots p_n^{v_n}$$

$$y_j = p_1^{v_1'} p_2^{v_2'} \dots p_n^{v_n'}$$

d'où

$$1 + x_i^2 = D p_1^{2v_1} p_2^{2v_2} \dots p_n^{2v_n}$$

$$1 + x_j^2 = D p_1^{2v_1'} p_2^{2v_2'} \dots p_n^{2v_n'}$$

où v_1, v_2, \dots, v_n' sont tous entiers > 0 et où $x_i \geq x_j$, ce qui d'après le corollaire 1 est impossible.

La dernière partie de la proposition est une conséquence immédiate du corollaire 2.

Si dans le système (7) tous les exposants α sont > 0 on peut trouver une limite supérieure dépendant de n et telle que le système (7) soit toujours impossible si v dépasse cette limite, quelles que soient les valeurs des exposants α .

En effet, tous les α étant > 0 , tous les ε le sont aussi, et comme nous l'avons vu précédemment, le produit

$$D_i = K z_1^{\varepsilon_{i1}} z_2^{\varepsilon_{i2}} \dots z_n^{\varepsilon_{in}}$$

ne peut pas avoir plus de 2^n valeurs, les $K_1, z_1, z_2, \dots, z_n$ restant les mêmes pour tous les produits.

Par conséquent, si tous les α sont entiers et positifs, le système (7) sera toujours impossible, si $v > 2^n$.

On trouve de même que,

Si tous les α sont entiers positifs ou $= 0$, le système (7) sera toujours impossible, lorsque $v > 3^n$.

§ 5.

Démonstrations nouvelles d'impossibilité en nombres entiers $x, y, > 1$ des équations

$$1 + x^2 = y^m \quad \text{et} \quad 1 + x^2 = 2y^n$$

où m et n sont des nombres entiers > 1 et où n n'est pas une puissance de 2.

Du corollaire 1 du paragraphe précédent on tire comme cas très-particulier:

Lemme:

Si K est un nombre entier positif et $2n + 1$ impair et > 1 , les deux équations

$$\begin{aligned} 1 + x_1^2 &= K \cdot y^{2n+1} \\ 1 + x_2^2 &= K \cdot y \end{aligned}$$

ne peuvent pas être satisfaites simultanément en nombres entiers et positifs $x_1, x_2, y, > 1$.

Ce lemme peut être pris comme point de départ dans l'étude des équations indéterminées de la forme $1 + x_1^2 = K \cdot y^{2n+1}$. En effet, pour certaines valeurs de K , une telle équation entraîne nécessairement que y satisfasse aussi à l'équation $1 + x_2^2 = K \cdot y$, où x_2 est entier, et dans ce cas, l'impossibilité de la première équation sera démontrée par le lemme ci-dessus.

Pareil cas se présente pour $K = 1$ et pour $K = 2$ et nous allons traiter ces deux cas.

1) *Sur l'équation $1 + x^2 = y^{2n+1}$.*

L'impossibilité de cette équation a été démontrée par M. LEBESGUE,¹ en y appliquant la théorie des nombres entiers complexes de la forme $a + ib$, a et b étant entiers et i l'unité imaginaire. La première partie de la démonstration a pour objet de démontrer que y aura la forme $1 + a^2$, a étant entier et la seconde consiste à discuter l'équation qu'on

¹ Voir: *Nouvelles Annales de Mathématiques*, I serie, T. IX, p. 178, 1850.

obtient en identifiant les quantités réelles et imaginaires dans l'équation correspondante en nombres entiers complexes.

En supposant connue la théorie des nombres entiers complexes $a + ib$,¹ nous allons reproduire en abrégé la première partie de la démonstration.

L'équation proposée peut s'écrire

$$(x + i)(x - i) = y^{2n+1}.$$

Or, y ne peut pas être pair, puisque $1 + x^2$ n'est jamais divisible par 4 et $2n + 1 > 1$. Par conséquent, y sera impair et $1 + x^2$ aussi. Un diviseur premier complexe commun à $x + i$ et $x - i$ divisera $2i$ et $1 + x^2$ et sera donc égal à une unité ($= \pm 1, \pm i$), c'est-à-dire que $x + i$ et $x - i$ seront premiers entre eux.

Mais alors, il faut que

d'où

$$\varepsilon(x + i) = (\alpha + i\beta)^{2n+1}$$

où ε est une unité, et α et β des nombres entiers tels que $\alpha^2 + \beta^2 = y$. En développant le binôme, on a

$$(\alpha + i\beta)^{2n+1} = \alpha M \pm i\beta N$$

où M et N sont des nombres entiers. En substituant cette valeur et en identifiant les quantités réelles et purement imaginaires aux deux membres de l'équation ci-dessus, on voit, qu'il faut que

$$\alpha M = \pm 1, \quad \text{d'où} \quad \alpha = \pm 1$$

ou

$$\beta N = \pm 1, \quad \text{d'où} \quad \beta = \pm 1$$

c'est-à-dire que l'un des nombres α, β doit être $= \pm 1$. Par conséquent on aura

$$y = \alpha^2 + \beta^2 = 1 + \alpha^2$$

α étant entier, ce qui est la première partie de la démonstration.

Cela posé, notre lemme démontre immédiatement l'impossibilité de l'équation; en effet, les deux équations

$$1 + x^2 = y^{2n+1}$$

$$1 + \alpha^2 = y$$

ne peuvent pas être satisfaites simultanément en nombres entiers x et α et par conséquent, la première équation sera impossible.

¹ Voir p. ex.: LEJEUNE DIRICHLET: *Recherches sur les formes quadratiques à coefficients et à indéterminées complexes*, dans le *Journal de Crelle* pour 1842.

D'un autre côté, l'équation $1 + x^2 = y^{2n}$ sera évidemment impossible, parceque la différence de deux carrés différents de zéro n'est jamais $= 1$.

Nous avons ainsi démontré le théorème dû à M. LEBESGUE:

Théorème 7.

L'équation $1 + x^2 = y^n$ est impossible en nombres entiers $x, y, > 1$, lorsque n est entier et > 1 .

2) Sur l'équation $1 + x^2 = 2y^{2n+1}$.

Dans mon mémoire: *Solution complète en nombres entiers m, n, x, y, k de l'équation $m \arctan \frac{1}{x} + n \arctan \frac{1}{y} = k \frac{\pi}{4}$* , Christiania Videnskabselskabs Skrifter 1895, j'ai démontré l'impossibilité de cette équation pour des valeurs entières $x, y, > 1$, lorsque $2n + 1$ est impair et > 1 .

Comme M. LEBESGUE, j'y ai appliqué la théorie des nombres entiers complexes $a + ib$ et j'ai prouvé d'abord qu'il faut que y soit la somme de deux carrés successifs et ensuite que l'équation correspondante en nombres entiers complexes devient alors impossible. Dans la dernière partie de la démonstration, j'ai appliqué la méthode exposée au paragraphe 1.

Mais j'ai remarqué récemment, que la première partie de ma démonstration offrait une petite lacune, qui est d'ailleurs sans influence sur le résultat, et que j'ai corrigée par une note au § 1 de ce mémoire.

Je vais reproduire ici, en la modifiant un peu, la première partie de la démonstration et faire voir comment le lemme ci-dessus peut remplacer la dernière partie de la démonstration.

Soit donc

$$1 + x^2 = 2y^{2n+1}$$

où x et y sont entiers et positifs, > 1 . $1 + x^2$ étant pair, x sera impair $= 2q + 1$, d'où

$$q^2 + (q + 1)^2 = y^{2n+1},$$

qui peut s'écrire

$$[q + (q + 1)i] \cdot [q - (q + 1)i] = y^{2n+1}.$$

Or, un diviseur premier complexe commun à $q + (q + 1)i$ et $q - (q + 1)i$ divisera $2q$, $2(q + 1)i$ et $q^2 + (q + 1)^2$ et doit se réduire à une unité parceque q et $(q + 1)$ sont premiers entre eux et que $q^2 + (q + 1)^2$ est impair. Il faut donc que

$$\varrho + (\varrho + 1)i = \varepsilon(\alpha + i\beta)^{2n+1}$$

où ε est une unité, et α et β des nombres entiers tels que

$$\alpha^2 + \beta^2 = \gamma,$$

comme on le voit en prenant les normes aux deux membres.

En identifiant les quantités réelles et purement imaginaires aux deux membres on aura

$$\begin{aligned}\varepsilon(\alpha + i\beta)^{2n+1} + \varepsilon'(\alpha - i\beta)^{2n+1} &= 2\varrho \\ \varepsilon(\alpha + i\beta)^{2n+1} - \varepsilon'(\alpha - i\beta)^{2n+1} &= 2\varrho i + 2i\end{aligned}$$

ε étant conjugué à ε' . En éliminant ϱ , il vient

$$\varepsilon(1 - i)(\alpha + i\beta)^{2n+1} - \varepsilon'(1 + i)(\alpha - i\beta)^{2n+1} = 2i.$$

En remarquant que $\varepsilon' = \pm \varepsilon$, $1 + i = i(1 - i)$ et que $2i = (1 + i)^2$, on aura en substituant ces valeurs et en divisant par $\varepsilon(1 - i)$:

$$(\alpha + i\beta)^{2n+1} \pm i(\alpha - i\beta)^{2n+1} = \varepsilon_1(1 + i)$$

où ε_1 est une unité. Or, $2n + 1$ étant impair, on a

$$(\beta + i\alpha)^{2n+1} = i^{2n+1}(\alpha - i\beta)^{2n+1} = \pm i(\alpha - i\beta)^{2n+1}$$

d'où

$$(\alpha + i\beta)^{2n+1} \pm (\beta + i\alpha)^{2n+1} = \varepsilon_1(1 + i).$$

Or, le premier membre est divisible par

$$(\alpha + i\beta) \pm (\beta + i\alpha) = (\alpha \pm \beta)(1 \pm i)$$

et il faut donc que ce nombre divise $\varepsilon_1(1 + i)$, et l'on aura

$$(\alpha \pm \beta)(1 \pm i) = \varepsilon_2(1 + i)$$

d'où, en divisant par $1 \pm i$:

$$\alpha \pm \beta = \varepsilon_3$$

ε_3 étant une unité, qui doit se réduire à ± 1 , parceque le premier membre est réel. Il faut donc que

$$\alpha = \pm (\beta \pm 1)$$

d'où

$$\gamma = \alpha^2 + \beta^2 = \beta^2 + (\beta \pm 1)^2$$

c'est-à-dire que

γ sera la somme de deux carrés consécutifs.

Mais alors, la démonstration de l'impossibilité de l'équation $1 + x^2 = 2y^{2n+1}$ résulte immédiatement du lemme ci-dessus.

En effet, de l'expression de y , on tire

$$\left. \begin{array}{l} 1 + (2\beta \pm 1)^2 = 2y \\ 1 + x^2 = 2y^{2n+1} \end{array} \right\}$$

et comme

ce système et *par conséquent aussi la dernière équation sera impossible en nombres entiers $x, y > 1$, c. q. f. d.*

Considérons l'équation plus générale $1 + x^2 = 2y^n$, n étant entier > 1 . Supposons que n contienne un diviseur impair > 1 , $n = m_1 \nu$, où ν est impair > 1 . Alors l'équation peut s'écrire

$$1 + x^2 = 2(y^{m_1})^\nu$$

ce qui est impossible d'après ce qui précède, si x et y sont entiers et > 1 .

Par conséquent n ne peut pas contenir un diviseur impair > 1 et sera alors une puissance de 2. Nous avons ainsi démontré le théorème¹:

Théorème 8.

Pour que l'équation $1 + x^2 = 2y^n$ soit satisfaite en nombres entiers x, y plus grands que 1, n étant entier et > 1 , il faut que n soit une puissance de 2.

¹ Ce théorème se trouve aussi dans mon mémoire: *Solution complète* etc., déjà cité.

$$c_1 v_1 + c_2 v_2 + \dots + c_n v_n = 0 \dots \dots \dots (8)$$

et $|v|$ désigne comme d'ordinaire la valeur absolue de v ,
— et que $a_\lambda b_\mu - a_\mu b_\lambda$ n'étant divisible par le nombre premier p_m que si le produit correspondant $v_\lambda \cdot v_\mu$ est positif, l'un des exposants $|v_\lambda|$ et $|v_\mu|$ étant > 0 .

Nous allons appliquer ce théorème à l'équation

$$\lambda_0 \operatorname{arc} \operatorname{tg} \frac{1}{x} = \lambda_1 \varphi_1 + \lambda_2 \varphi_2 + \dots + \lambda_n \varphi_n,$$

où $\lambda_0, \lambda_1, \dots, \lambda_n$ sont des nombres entiers ou $= 0$ et où $\varphi_1, \varphi_2, \dots, \varphi_n$ sont des arcs donnés, dont les tangentes sont rationnelles.

L'équation peut s'écrire

$$\lambda_0' \operatorname{arc} \operatorname{tg} \frac{1}{x} + \lambda_1' \operatorname{arc} \operatorname{tg} \frac{b_1}{a_1} + \dots + \lambda_n' \operatorname{arc} \operatorname{tg} \frac{b_n}{a_n} = 0$$

où a_1 et b_1, \dots, a_n et b_n sont des nombres entiers respectivement premiers entre eux et où $\lambda_0', \lambda_1', \dots, \lambda_n'$ sont les valeurs absolues des nombres $\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_n$. Alors, les $\frac{b_1}{a_1}, \dots, \frac{b_n}{a_n}$ seront aux signes près les tangentes des arcs respectifs $\varphi_1, \dots, \varphi_n$.

Les $\varphi_1, \varphi_2, \dots, \varphi_n$ étant donnés, les nombres $a_1^2 + b_1^2, a_2^2 + b_2^2, \dots, a_n^2 + b_n^2$ le seront aussi. Je désignerai par

$$p_1, p_2, \dots, p_s$$

tous les nombres premiers impairs qui divisent $a_1^2 + b_1^2, a_2^2 + b_2^2, \dots, a_n^2 + b_n^2$, et qui sont alors donnés en même temps que les arcs φ .

Tout diviseur premier impair de $1 + x^2$ se trouverait parmi ces nombres premiers p . En effet, soit q un nombre premier impair qui divise $1 + x^2$, mais qui ne se trouve pas parmi les nombres premiers p . Soit v l'exposant de la plus grande puissance de q , qui divise $1 + x^2$. En se rappelant, qu'aucun des nombres $a^2 + b^2$ n'est divisible par q , et en appliquant la relation (8), on aura:

$$\pm \lambda_0 \cdot v \pm 0 \cdot \lambda_1 \pm 0 \cdot \lambda_2 \pm \dots \pm 0 \cdot \lambda_n = 0$$

et par conséquent, λ_0 étant > 0 par l'hypothèse, il faut que

$$v = 0$$

c'est-à-dire que $1 + x^2$ ne peut être divisible par q , c. q. f. d.

Par conséquent, tout est ramené à trouver tous les nombres entiers de la forme $1 + x^2$, dont tout diviseur premier impair se trouve parmi

les nombres premiers donnés p_1, p_2, \dots, p_s , problème qui a été complètement résolu au paragraphe 3.

On trouve alors *un nombre fini* de valeurs entières x , et parmi ces valeurs, il faut prendre celles, qui satisfont au théorème ci-dessus¹.

Considérons comme exemple le cas

$$\varphi_1 = \arctg \frac{1}{1} = \frac{\pi}{4}$$

$$\varphi_2 = \arctg \frac{1}{57}$$

$$\varphi_3 = \arctg \frac{3}{79}$$

Nous avons

$$a_1^2 + b_1^2 = 1 + 1^2 = 2$$

$$a_2^2 + b_2^2 = 1 + 57^2 = 2 \cdot 5^3 \cdot 13$$

$$a_3^2 + b_3^2 = 3^2 + 79^2 = 2 \cdot 5^5.$$

Les seuls nombres premiers impairs qui divisent les $a^2 + b^2$ sont ainsi 5 et 13 et l'on aura à trouver tous les nombres entiers de la forme $1 + x^2$, n'ayant d'autre diviseur premier que 2, 5 ou 13, problème qui est résolu au paragraphe 3. En appliquant le théorème général aux solutions obtenues plus haut on trouve alors aisément pour le cas actuel, les solutions:

$$5 \arctg \frac{1}{2} = 3 \cdot \frac{\pi}{4} - \arctg \frac{3}{79}$$

$$5 \arctg \frac{1}{3} = 2 \cdot \frac{\pi}{4} + \arctg \frac{3}{79}$$

$$5 \arctg \frac{1}{5} = \frac{\pi}{4} + 5 \arctg \frac{1}{57} + 3 \arctg \frac{3}{79}$$

$$5 \arctg \frac{1}{7} = \frac{\pi}{4} - 2 \arctg \frac{3}{79}$$

$$5 \arctg \frac{1}{8} = \frac{\pi}{4} - 5 \arctg \frac{1}{57} - 2 \arctg \frac{3}{79}$$

$$\arctg \frac{1}{18} = \arctg \frac{1}{57} + \arctg \frac{3}{79}$$

et enfin

$$5 \arctg \frac{1}{239} = -\frac{\pi}{4} + 20 \arctg \frac{1}{57} + 12 \arctg \frac{3}{79}.$$

¹ Voir pour plus de détails, mon mémoire déjà cité: *Sur l'application de la théorie des nombres entiers complexes etc.*, p. 24 et 80.

De ces solutions on peut déduire une foule de décompositions de $\frac{\pi}{4}$ en sommes d'arcs-tangentes; voici quelques-unes des plus remarquables:

$$5 \operatorname{arc} \operatorname{tg} \frac{1}{7} + 2 \operatorname{arc} \operatorname{tg} \frac{1}{18} - 2 \operatorname{arc} \operatorname{tg} \frac{1}{57} = \frac{\pi}{4}$$

$$5 \operatorname{arc} \operatorname{tg} \frac{1}{8} + 2 \operatorname{arc} \operatorname{tg} \frac{1}{18} + 3 \operatorname{arc} \operatorname{tg} \frac{1}{57} = \frac{\pi}{4}$$

$$12 \operatorname{arc} \operatorname{tg} \frac{1}{18} + 8 \operatorname{arc} \operatorname{tg} \frac{1}{57} - 5 \operatorname{arc} \operatorname{tg} \frac{1}{239} = \frac{\pi}{4}$$

dont la dernière a aussi été trouvée par GAUSS¹.

Enfin, en remarquant que

$$\operatorname{arc} \operatorname{tg} \frac{3}{79} = 2 \operatorname{arc} \operatorname{tg} \frac{1}{68} + \operatorname{arc} \operatorname{tg} \frac{1}{117}$$

on déduit de la dernière des solutions ci-dessus:

$$20 \operatorname{arc} \operatorname{tg} \frac{1}{57} + 24 \operatorname{arc} \operatorname{tg} \frac{1}{68} + 12 \operatorname{arc} \operatorname{tg} \frac{1}{117} - 5 \operatorname{arc} \operatorname{tg} \frac{1}{239} = \frac{\pi}{4}.$$

§ 7.

Théorèmes divers sur les nombres de la forme $x^2 - 1$.

Application à la théorie de l'équation de Pell

$$x^2 - Dy^2 = 1.$$

De même que, du théorème 1, nous avons déduit les propriétés des nombres de la forme $1 + x^2$, on trouvera des propriétés analogues pour les nombres de la forme $x^2 - 1$ en faisant usage du théorème 2. Le calcul étant tout-à-fait le même, nous ne signalerons que les résultats principaux:

Théorème 9.

Si l'équation

$$x^2 - 1 = K a_1^{a_1} a_2^{a_2} \dots a_n^{a_n}$$

est possible en nombres entiers positifs x, a_1, a_2, \dots, a_n , les nombres entiers positifs K, a_1, a_2, \dots, a_n étant donnés et tous les $a > 1$, elle n'aura qu'un

¹ Voir: GAUSS, WERKE II, Göttingen 1873, p. 525.

nombre fini de solutions x , qui se trouvent toutes parmi les solutions fondamentales x des équations de Pell:

$$x^2 - D_1 y^2 = 1$$

$$x^2 - D_2 y^2 = 1$$

$$\dots \dots \dots$$

$$x^2 - D_\nu y^2 = 1$$

où D_1, D_2, \dots, D_ν sont toutes les valeurs du produit $K a_1^{\varepsilon_1} \cdot a_2^{\varepsilon_2} \dots a_n^{\varepsilon_n}$ quand les ε sont faits de toutes les manières possibles $= 1$ et $= 2$.

Le nombre de solutions ne peut pas dépasser 2^n .

A l'aide de ce théorème, les problèmes suivants se trouvent complètement résolus:

1) K, a_1, a_2, \dots, a_n étant des nombres entiers donnés, trouver toutes les valeurs entières positives des exposants $\alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_n$ pour lesquels le produit

$$K a_1^{\alpha_1} \cdot a_2^{\alpha_2} \dots a_n^{\alpha_n}$$

est le produit de deux nombres entiers dont la différence est 2. ($= x^2 - 1$).

2) Trouver tous les nombres entiers de la forme $x^2 - 1$, qui sont divisibles par les nombres premiers p_1, p_2, \dots, p_n sans l'être par d'autres nombres premiers.

3) Trouver tous les nombres entiers de la forme $x^2 - 1$, dont tous les diviseurs premiers se trouvent parmi les nombres premiers p_1, p_2, \dots, p_n .

4) Trouver tous les nombres entiers de la forme $x^2 - 1$, dont le plus grand diviseur premier est p_n .

En effet, comme pour les nombres entiers de la forme $1 + x^2$, on trouve pour chaque problème un nombre fini de solutions qui se déduisent des solutions fondamentales d'un nombre fini d'équations de Pell $x^2 - D y^2 = 1$. Comme les solutions fondamentales de l'équation de Pell peuvent toujours être trouvées par une méthode bien connue¹, les problèmes ci-dessus se trouvent complètement résolus.

¹ Voir p. ex. LEGENDRE: *Théorie des nombres* I, § 5 et 6.

Sur les systèmes d'équations de la forme

$$x^2 - 1 = Kz_1^{\alpha_1} z_2^{\alpha_2} \dots z_n^{\alpha_n}$$

il y a un théorème tout à fait analogue au théorème 5. On l'en déduit en remplaçant tous les $x^2 + 1$ au premier membre par des $x^2 - 1$, la démonstration du théorème étant du reste la même.

Nous mentionnerons pour mémoire le corollaire correspondant au corollaire 1 :

Corollaire 3.

Si les exposants

$$\alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_n, \alpha_1', \alpha_2', \dots, \alpha_n' \\ \beta_1, \beta_2, \dots, \beta_m, \beta_1', \beta_2', \dots, \beta_m'$$

sont des nombres entiers positifs soumis uniquement à cette condition, que tous les α soient impairs et tous les β soient pairs, les équations

$$x^2 - 1 = K \cdot z_1^{\alpha_1} z_2^{\alpha_2} \dots z_n^{\alpha_n} u_1^{\beta_1} u_2^{\beta_2} \dots u_m^{\beta_m} \\ y^2 - 1 = K \cdot z_1^{\alpha_1'} z_2^{\alpha_2'} \dots z_n^{\alpha_n'} u_1^{\beta_1'} u_2^{\beta_2'} \dots u_m^{\beta_m'}$$

où K est un nombre entier positif, ne peuvent pas être satisfaites simultanément en nombres entiers positifs $x, y, z_1, z_2, \dots, z_n, u_1, u_2, \dots, u_m$, tous > 1 , x étant $\leq y$.

On en déduit un théorème intéressant sur l'équation de Pell $x^2 - Dy^2 = 1$. En effet, on aura :

Théorème 10.

Parmi les solutions entières positives y de l'équation de Pell $x^2 - Dy^2 = 1$, il en existe une au plus qui est divisible par les nombres premiers donnés p_1, p_2, \dots, p_n , sans l'être par d'autres nombres premiers. Si pareille solution y' existe, elle sera

$$y' = p_1 \cdot p_2 \dots p_n \cdot z_1$$

où z_1 est la solution fondamentale z de l'équation de Pell :

$$x^2 - (D \cdot p_1^2 \cdot p_2^2 \dots p_n^2) \cdot z^2 = 1.$$

La démonstration est analogue à celle du théorème 6.

§ 8.

Quelques théorèmes sur les nombres triangulaires.

Les considérations développées au paragraphe précédent donnent immédiatement une série de théorèmes sur *les nombres triangulaires*.

Rappelons nous, qu'un nombre triangulaire T est défini comme suit:

$$T = \frac{t.(t+1)}{2}$$

où t est un nombre entier positif. On en tire

$$8T = (2t+1)^2 - 1$$

et toute proposition sur le nombre entier $x^2 - 1$, où x est impair, donne une proposition correspondante sur un nombre triangulaire.

En se servant de cette liaison, on déduit immédiatement des théorèmes du paragraphe précédent les théorèmes suivants:

Théorème 11.

Soient K, a_1, a_2, \dots, a_n des nombres entiers donnés, tous les a étant > 1 . Alors, s'il existe des valeurs entières positives des exposants $\alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_n$ pour lesquelles le produit

$$P = K a_1^{\alpha_1} a_2^{\alpha_2} \dots a_n^{\alpha_n}$$

est un nombre triangulaire, il n'y en aura qu'un nombre fini. Toutes les valeurs triangulaires de P se trouvent alors parmi les nombres

$$\frac{t_1(t_1+1)}{2}, \quad \frac{t_2(t_2+1)}{2}, \quad \dots, \quad \frac{t_\nu(t_\nu+1)}{2}$$

$2t_1 + 1, 2t_2 + 1, \dots, 2t_\nu + 1$ étant égaux aux solutions fondamentales x des équations de Pell

$$x^2 - D_1 y^2 = 1$$

$$x^2 - D_2 y^2 = 1$$

$$\dots \dots \dots$$

$$x^2 - D_\nu y^2 = 1$$

où D_1, D_2, \dots, D_ν sont toutes les valeurs non carrées du produit

$$2K a_1^{\varepsilon_1} a_2^{\varepsilon_2} \dots a_n^{\varepsilon_n}$$

quand $\varepsilon_1, \varepsilon_2, \dots, \varepsilon_n$ sont supposés $= 1$ et $= 2$ de toutes les manières possibles. Le nombre des solutions ne peut pas dépasser 2^n .

A l'aide de ce théorème on résout complètement les problèmes suivants:

- 1) Trouver tous les nombres triangulaires divisibles par les nombres premiers p_1, p_2, \dots, p_n sans l'être par d'autres nombres premiers.
- 2) Trouver tous les nombres triangulaires dont les diviseurs premiers se trouvent parmi les nombres premiers p_1, p_2, \dots, p_n .
- 3) Trouver tous les nombres triangulaires dont le plus grand diviseur premier est p_n .

En effet, on aura pour chacun de ces problèmes un nombre fini de solutions, qui peuvent toutes être trouvées en cherchant les solutions fondamentales d'un nombre fini d'équations de Pell $x^2 - Dy^2 = 1$, opération qui, on le sait, est toujours possible¹.

De même que dans le § 3, on peut trouver pour chacun de ces problèmes des limites supérieures du nombre des solutions.

Par analogie avec le théorème 4, on a:

Théorème 12.

Quelque grand que soit le nombre positif P , on peut toujours trouver un autre nombre M_P , tel que tout nombre triangulaire $> M_P$ contienne toujours un diviseur premier $> P$.

Il suffit pour cela de poser $M_P = T_r$, où T_r est le plus grand de tous les nombres triangulaires dont les diviseurs premiers sont $\leq P$ et qui, d'après ce qui précède, sont en nombre fini. Cette limite T_r est aussi la plus basse de toutes les limites M_P du théorème.

Comme application de ces méthodes, nous allons rechercher *tous les nombres triangulaires dont tous les diviseurs premiers sont ≤ 5 .*

Les nombres premiers ≤ 5 étant 2, 3 et 5 on aura à résoudre complètement l'équation

$$\frac{t \cdot (t + 1)}{2} = 2^\alpha \cdot 3^\beta \cdot 5^\gamma$$

ou, ce qui revient au même,

$$(2t + 1)^2 - 1 = 2^{\alpha+3} \cdot 3^\beta \cdot 5^\gamma$$

¹ Voir p. ex. LÉGENDRE: *Théorie des nombres* I, § 6.

et d'après ce qui précède toutes les solutions $2t + 1$ se trouvent parmi les solutions fondamentales x des équations de Pell

$$x^2 - D_1 y^2 = 1$$

$$x^2 - D_2 y^2 = 1$$

$$\dots\dots\dots$$

$$x^2 - D_{14} y^2 = 1$$

où les valeurs D_1, D_2, \dots, D_{14} sont:

$$2, \quad 2.3, \quad 2.3^2, \quad 2.5, \quad 2.5^2, \quad 2.3.5, \quad 2.3^2.5, \quad 2.3.5^2, \quad 2.3^2.5^2, \\ 2^2.3, \quad 2^2.5, \quad 2^2.3.5, \quad 2^2.3^2.5, \quad 2^2.3.5^2$$

ou par ordre de grandeur croissante:

$$2, \quad 6, \quad 10, \quad 12, \quad 18, \quad 20, \quad 30, \quad 50, \quad 60, \quad 90, \quad 150, \quad 180, \quad 300, \quad 450.$$

En appliquant la table des solutions fondamentales d'équations de Pell, qui se trouve dans le tome 1 de LEGENDRE: *Théorie des nombres*, on forme le tableau:

D	2	6	10	12	18	20	30	50	60	90
x	3	5	19	7	17	9	11	99	31	19
y	2	2	6	2	4	2	2	14	4	2

D	150	180	300	450
x	49	161	1351	19601
y	4	12	78	924

ce qui donne le système complet de solutions

$$T_1 = \frac{1.2}{2} = 1$$

$$T_2 = \frac{2.3}{2} = 3$$

$$T_3 = \frac{3.4}{2} = 6 = 2.3$$

$$T_4 = \frac{4.5}{2} = 10 = 2.5$$

$$T_5 = \frac{5.6}{2} = 15 = 3.5$$

$$T_6 = \frac{8.9}{2} = 36 = 2^2.3^2$$

$$T_7 = \frac{9.10}{2} = 45 = 3^2.5$$

$$T_8 = \frac{15.16}{2} = 120 = 2^3.3.5$$

$$T_9 = \frac{24.25}{2} = 300 = 2^2.3.5^2$$

$$T_{10} = \frac{80.81}{2} = 3240 = 2^3.3^4.5$$

et l'on est sur *que tout nombre triangulaire* > 3240 *contient un diviseur premier* > 5 .

Si l'on cherche *tous les nombres triangulaires, dont tout diviseur premier est* ≤ 7 , on trouve en outre les suivants :

$$T_{11} = \frac{6.7}{2} = 21 = 3.7$$

$$T_{12} = \frac{7.8}{2} = 28 = 2^2.7$$

$$T_{13} = \frac{14.15}{2} = 105 = 3.5.7$$

$$T_{14} = \frac{20.21}{2} = 210 = 2.3.5.7$$

$$T_{15} = \frac{27.28}{2} = 378 = 2.3^3.7$$

$$T_{16} = \frac{35.36}{2} = 630 = 2.3^2.5.7$$

$$T_{17} = \frac{48.49}{2} = 1176 = 2^3.3.7^2$$

$$T_{18} = \frac{49.50}{2} = 1225 = 5^2.7^2$$

$$T_{19} = \frac{63.64}{2} = 2016 = 2^5.3^2.7$$

$$T_{20} = \frac{125.126}{2} = 7875 = 3^2.5^3.7$$

$$T_{21} = \frac{224.225}{2} = 25200 = 2^4.3^2.5^2.7$$

$$T_{22} = \frac{2400.2401}{2} = 2881200 = 2^4.3.5^2.7^4$$

$$T_{23} = \frac{4374.4375}{2} = 9568125 = 3^7.5^4.7.$$

Ce sont là toutes les solutions et l'on est sur *que tout nombre triangulaire* > 9568125 *contient un diviseur premier* > 7 .

§ 9.

Cas d'impossibilité dans des systèmes d'équations indéterminées de la forme

$$\frac{t.(t+1)}{2} = K.z_1^{a_1}.z_2^{a_2} \dots z_n^{a_n}.$$

Nous allons considérer les théorèmes sur les nombres triangulaires analogues à ceux sur les nombres de la forme $1 + x^2$ développés au § 4.

On a:

Théorème 13.

Étant donné le système d'équations simultanées

$$\left. \begin{aligned} T_1 &= K.z_1^{a_{11}}.z_2^{a_{12}}.\dots z_n^{a_{1n}} \\ T_2 &= K.z_1^{a_{21}}.z_2^{a_{22}}.\dots z_n^{a_{2n}} \\ . &\quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \\ T_r &= K.z_1^{a_{r1}}.z_2^{a_{r2}}.\dots z_n^{a_{rn}} \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (9)$$

où K est un nombre entier positif donné et où les exposants α sont des nombres entiers positifs ou $= 0$, et où nous supposons que T_1, T_2, \dots, T_r sont des nombres triangulaires arbitraires, mais différents entre eux et que z_1, z_2, \dots, z_n sont des nombres entiers arbitraires > 1 .

Si nous remplaçons tout α qui n'est pas égal à 0 par 1 s'il est impair, et par 2, s'il est pair — et que nous appelions D_1, D_2, \dots, D_r les produits en résultant aux seconds membres, le système (9) ne pourra pas être satisfait en nombres entiers T_1, T_2, \dots, T_r (tous triangulaires), z_1, z_2, \dots, z_n , si deux des produits D sont égaux entre eux.

La démonstration de ce théorème étant tout-à-fait analogue à celle du théorème 5, nous ne la reproduirons pas ici.

Considérons un cas spécial particulièrement intéressant et pouvant d'ailleurs être déduit immédiatement du corollaire 3 :

Corollaire 4.

Si les exposants

$$\alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_n, \alpha'_1, \alpha'_2, \dots, \alpha'_n$$

$$\beta_1, \beta_2, \dots, \beta_m, \beta'_1, \beta'_2, \dots, \beta'_m$$

sont des nombres entiers positifs uniquement soumis à la condition que tous les α soient impairs et tous les β pairs, les équations

$$T_1 = K.z_1^{\alpha_1}.z_2^{\alpha_2} \dots z_n^{\alpha_n}.u_1^{\beta_1}.u_2^{\beta_2} \dots u_m^{\beta_m}$$

$$T_2 = K.z_1^{\alpha'_1}.z_2^{\alpha'_2} \dots z_n^{\alpha'_n}.u_1^{\beta'_1}.u_2^{\beta'_2} \dots u_m^{\beta'_m}$$

où K est un nombre entier positif, ne peuvent pas être satisfaites simultanément en nombres entiers $T_1, T_2, z_1, z_2, \dots, z_n, u_1, u_2, \dots, u_m$, tous > 1 et T_1 et T_2 étant en outre des nombres triangulaires différents entre eux.

On en tire :

Corollaire 5.

Si $K, z_1, z_2, \dots, z_n, u_1, u_2, \dots, u_m$ sont des nombres entiers positifs donnés, les z et les u étant tous premiers entre eux et > 1 , et $\alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_n, \beta_1, \beta_2, \dots, \beta_m$ étant des exposants entiers positifs uniquement soumis à la condition, que tous les α soient impairs et tous les β pairs, le produit

$$P = K.z_1^{\alpha_1}.z_2^{\alpha_2} \dots z_n^{\alpha_n}.u_1^{\beta_1}.u_2^{\beta_2} \dots u_m^{\beta_m}$$

sera triangulaire pour un seul système au plus d'exposants $\alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_n, \beta_1, \beta_2, \dots, \beta_m$ et sera alors égal à $\frac{t.(t+1)}{2}$, où $2t+1$ est égal à la solution fondamentale x de l'équation de Pell :

$$x^2 - (2K.z_1.z_2 \dots z_n.u_1^2.u_2^2 \dots u_m^2).y^2 = 1.$$

Afin de rappeler la méthode générale de démonstration employée précédemment, nous allons démontrer ce dernier corollaire directement par le théorème 2.

Pour tout α_i et β_j on peut poser $\alpha_i = 1 + 2\varrho_i, \beta_j = 2 + 2\sigma_j$ où ϱ_i et σ_j sont entiers et positifs ou $= 0$. Alors le produit P peut s'écrire $P = D.A^2$ en posant

$$\left. \begin{aligned} K.z_1 \dots z_n \dots u_1^2 \dots u_2^2 \dots u_m^2 &= D \\ z_1^{\varrho_1}.z_2^{\varrho_2} \dots z_n^{\varrho_n}.u_1^{\sigma_1}.u_2^{\sigma_2} \dots u_m^{\sigma_m} &= A \end{aligned} \right\} \dots \dots \dots (10)$$

Il faut démontrer que parmi le nombre infini des valeurs de P correspondantes à toutes les valeurs entières et positives ou $= 0$ des exposants ϱ et σ , il y en aura au plus une seule qui sera triangulaire. En effet, si $P = D.A^2$ est égal au nombre triangulaire $\frac{t.(t+1)}{2}$, t étant entier et positif, il vient

$$(2t+1)^2 - 2D(2A)^2 = 1$$

et $2A$ sera ainsi une solution y de l'équation de Pell $x^2 - 2Dy^2 = 1$, ayant d'après les équations (10) la propriété, que tout diviseur premier de $2A$ le sera aussi de $2D$ et, conformément au théorème 2, parmi le nombre infini des valeurs de $2A$, il y en aura une au plus qui satisfera à ces

conditions, savoir $2A = y_1$, où y_1 est la solution fondamentale y de l'équation $x^2 - 2Dy^2 = 1$. Par conséquent, la seule valeur triangulaire de P sera, si elle existe, $P = \frac{t \cdot (t + 1)}{2}$, $2t + 1$ étant égal à la solution fondamentale x de cette même équation.

Enfin, les nombres entiers donnés $z_1, z_2, \dots, z_n, u_1, u_2, \dots, u_m$ étant tous > 1 et premiers entre eux, il n'y aura qu'un seul système d'exposants $\alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_n, \beta_1, \beta_2, \dots, \beta_m$ correspondant à cette unique valeur de P , comme nous l'avons vu plus haut dans la démonstration du corollaire 2 (p. 29).

Un cas très-spécial du corollaire 4 est le suivant:

Si a est un nombre entier > 1 , et m et n des exposants positifs différents entre eux et tous les deux pairs ou tous les deux impairs, les puissances a^m et a^n ne peuvent pas simultanément être triangulaires.

Si plus spécialement, on fait $m = 1$, on en tire:

Théorème 14.

Si T est un nombre triangulaire > 1 , T^n n'est jamais triangulaire, quand n est impair et > 1 .

On pourrait encore déduire plusieurs théorèmes spéciaux intéressants, mais cela nous entrainerait trop loin.

De même que nous avons dans ce mémoire développé des théorèmes sur l'équation $x^2 - Dy^2 = \pm 1$ et que nous en avons tiré les conséquences, on pourrait trouver des théorèmes analogues sur l'équation plus générale $x^2 - Dy^2 = \pm \varrho^2$, ϱ étant entier, et en déduire plusieurs théorèmes intéressants. J'espère pouvoir ultérieurement continuer cette analyse et l'étendre également aux équations $x^2 - Dy^2 = \pm H$ où H est un nombre entier quelconque.

Christiania, janvier 1897.

Errata:

- P. 3, ligne 9 en remontant, au lieu de x_2 , lisez x^2 .
- 3, ligne 8 en remontant, au lieu de x_1 , lisez x .
- 3, ligne 3 en remontant, au lieu de *et aussi dans les Comptes-Rendus*, lisez *Voir aussi les Comptes-Rendus*.
- 9, ligne 6 en remontant, au lieu de $p^h a x_1^2$, lisez $p^h a x_1^{2p}$.
- 16, ligne 11, au lieu de *tous > 1* , lisez *tous les $a > 1$* .
- 28, ligne 5, au lieu de *est 0*, lisez *est > 0* .
- 32, ligne 4 en remontant, au lieu de *entiers 1*, lisez *entiers > 1* .
- 29, ligne 16, au lieu de *et ce système sera donné, s'il existe, par la décomposition en facteurs du nombre...*, lisez *et la valeur correspondante de P sera égale, si elle existe, à...*

Faunistische Uebersicht
der
Etage 5
des norwegischen Silursystems

Von

Johan Kiær

LIBRARY
NEW YORK
BOTANICAL
GARDEN

Videnskabselskabets Skrifter. I. Mathematisk-naturv. Klasse. 1897. No. 3

Udgivet for Fridtjof Nansens Fond

Kristiania

In Kommission bei Jacob Dybwad

A. W. Brøggers Buchdruckerei

1897

Unter meinen Studien und Sammlungen für eine monographische Bearbeitung der Korallen in Etage 5 des norwegischen Silurs, die in nächster Zukunft erscheinen wird, habe ich auch Gelegenheit gehabt, die Fauna dieser Etage im Allgemeinen zu studieren; das Resultat hiervon bildet die folgende faunistische Uebersicht. Obwohl diese keinen Anspruch auf eine vollständige Bearbeitung macht, waren meine Untersuchungen jedoch weit genug vorgeschritten, um die Hauptzüge der Einteilung dieser Etage festzustellen. Ich habe deshalb gewagt, schon jetzt eine Uebersicht vorzulegen, und das um so mehr, als die folgende Korallenmonographie ohne einen einigermaßen ausführlich gezeichneten geologischen Hintergrund viel an Interesse verloren hätte. Von besonderer Wichtigkeit für meine Arbeit waren die älteren Arbeiten der Herren Prof. Th. Kjerulf und T. Dahll, besonders aber zwei von Herrn Prof. W. C. Brögger,¹ in welchen er eine vorläufige, treffliche Uebersicht der Etage 4 bei Kristiania und Porsgrund—Skien geliefert hat. In diesen wurde nicht nur der untere Teil der Etage 5 in neuer Fassung einer neuen Untersuchung unterzogen, sondern hierdurch war auch eine sichere Basis für die Parallelisierung gegeben. Von grosser Bedeutung war ferner das reiche Material, das von Herrn Münzwardein Münster auf Vestre Svartö gesammelt worden war und mir freundlichst zur Bearbeitung überlassen wurde. Endlich habe ich durch das Wohlwollen des Herrn Prof. W. C. Brögger das im mineralogischen Museum der Universität in Kristiania sich befindende Material zur Untersuchung gehabt. Es ist mir deshalb eine angenehme Pflicht beiden Herren meinen besten Dank auszusprechen, besonders Herrn Prof. W. C. Brögger, der mir ursprünglich das Thema meiner Arbeit vorgeschlagen, diese später in jeder Beziehung unterstützt und durch viele wertvolle Angaben gefördert hat.

¹ Spaltenwerfungen in der Gegend Langesund—Skien. (Nyt Mag. f. Naturv. Christ. 1884). Geologisk Kart over Oerne ved Christiania (ibidem, 1887).

Die ursprüngliche Ausarbeitung wurde in München unter Herrn Geheimrath v. Zittel ausgeführt, der mich in jeder Beziehung in der lebenswürdigsten Weise unterstützte; er öffnete mir nicht nur seine reichhaltige Privatbibliothek zur uneingeschränkten Benutzung, sondern stellte es mir auch frei, das schöne Vergleichsmaterial der Staatssammlung für meine Arbeit zu verwerten. Sowohl hierfür als für sein stetes Interesse an dem Fortschreiten meiner Arbeit, erlaube ich mir diesem meinem verehrten Lehrer meinen aufrichtigsten Dank auszusprechen.

Nachdem ich in München im Frühjahr 1896 meine Arbeit vorläufig zu Ende gebracht hatte, war ich letzten Sommer im Juli in der glücklichen Lage mit einem Stipendium des norwegischen Staates eine geologische Reise in Estland vornehmen zu können. Durch die ausserordentlich angenehme und lehrreiche Führung des Herrn Akademikers Fr. Schmidt und die grossartige Gastfreundschaft auf den öselschen und estnischen Gütern wurde diese Reise mir nicht nur zum grossen wissenschaftlichen Nutzen, sondern verlief auch in einer Weise, dass mein Aufenthalt daselbst zu meinen schönsten und interessantesten Erinnerungen gehört. Ich benutze diese Gelegenheit, allen meinen dortigen Bekannten, ganz speciell aber Herrn Akademiker Fr. Schmidt und Herrn Ingenieur Mikwitz in Reval meinen besten Dank hiermit zu übermitteln.

Durch diese Reise und noch mehr durch die weiteren Untersuchungen, welche ich später im Kristianiagebiet angestellt habe, wurde so viel Neues zu dem richtigen Verständnis unserer Etage 5 zu Tage gefördert, dass ich gezwungen war, die allgemeine geologische Uebersicht einer gründlichen Umarbeitung zu unterwerfen; diese wurde dann diesen Winter im mineralogischen Institut der Universität in Kristiania durchgeführt.

Zum Schluss ist es mir eine angenehme Pflicht, folgenden Herren für ihre wohlwollende Unterstützung auch an dieser Stelle zu danken: Herrn Prof. G. Lindström, Herrn Prof. R. Hertwig, Herrn Prof. Lewinsen-Lessing, Herrn Dr. Pompeckj und Herrn Dr. Schaefer.

Kristiania, den 30. März 1897.

Inhaltsverzeichnis.

	Seite
I. Uebersicht der Etage 5, Orientierung	1
1. Ringerike	3
2. Porsgrund—Skien	20
3. Die nächste Umgebung von Kristiania	32
4. Mjösen	38
Zusammenfassung	42
Uebersicht der Entwicklung der Etage 5 in den verschiedenen Gebieten	44
II. Die Aequivalente der Etage 5	45
1. Norwegen	45
2. Schweden	45
3. Estland	50
4. England und Schottland	53
5. Das mittlere und südliche Europa	67
6. Aussereuropäische Silurgebiete	69
Zusammenfassung	70
Verzeichnis der Versteinerungen aus Etage 5 des norwegischen Silurs	71

I.

Uebersicht der Etage 5.

Von Mjösen bis zum Langesund am westlichen Anfang des Kristianiafjords erstreckt sich, auf beiden Seiten von archaischen Gesteinen umgeben, ein vielfach unterbrochener und teilweise von Eruptivdecken bedeckter Silurstreifen, das fossilreiche Kristiania-Silurbassin, wie es Th. Kjerulf zuerst nannte. Durch W. C. Bröggers meisterhafte Arbeiten wissen wir, dass die Begrenzung dieses scheinbaren Bassins keine ursprüngliche ist. Mächtigen Verwerfungsspalten entlang ist das Land hier stückweise eingesunken, wodurch unsere palaeozoischen Sedimente sich haben erhalten können, während ausserhalb dieses Einsenkungsgebietes die Erosion alles bis auf das archaische Gestein weggefegt hat. Der Ausgangspunkt für das Studium dieses Kristiania-Silurgebiet — «Kristianiafeltet» — wie man es deshalb besser genannt hat, war die nächste Umgebung von Kristiania; anders könnte es auch nicht sein; denn die Stadt selbst liegt ja auf cambrischen und untersilurischen Schichten, und in kurzer Entfernung finden wir sowohl auf der Westseite des Fjordes als besonders auf den Inseln fossilreiche Schichten durch die wunderbarsten Aufschlüsse entblösst. Die ursprüngliche Einteilung unseres Silurs, die Murchison, Dahll und besonders Th. Kjerulf durchgeführt haben, bezieht sich folglich in erster Linie auf die Entwicklung in diesem mittleren Teil des Kristiania-Silurgebietes. In den anderen Teilen waren die Verhältnisse entweder nicht oder sehr wenig bekannt, und es kann nicht Wunder nehmen, dass seine Einteilung hier nicht in allen Stücken passt. Dies wurde von Brögger in seinen Arbeiten über die Etagen 1—3 eingehend nachgewiesen und gilt auch von dem obersten Teil des Untersilurs, den ich in dieser Arbeit behandeln werde. Das Studium derselben habe ich auf Ringerike angefangen, welcher Umstand sich als glücklich erwiesen hat, weil diese Schichten hier am reichsten entwickelt

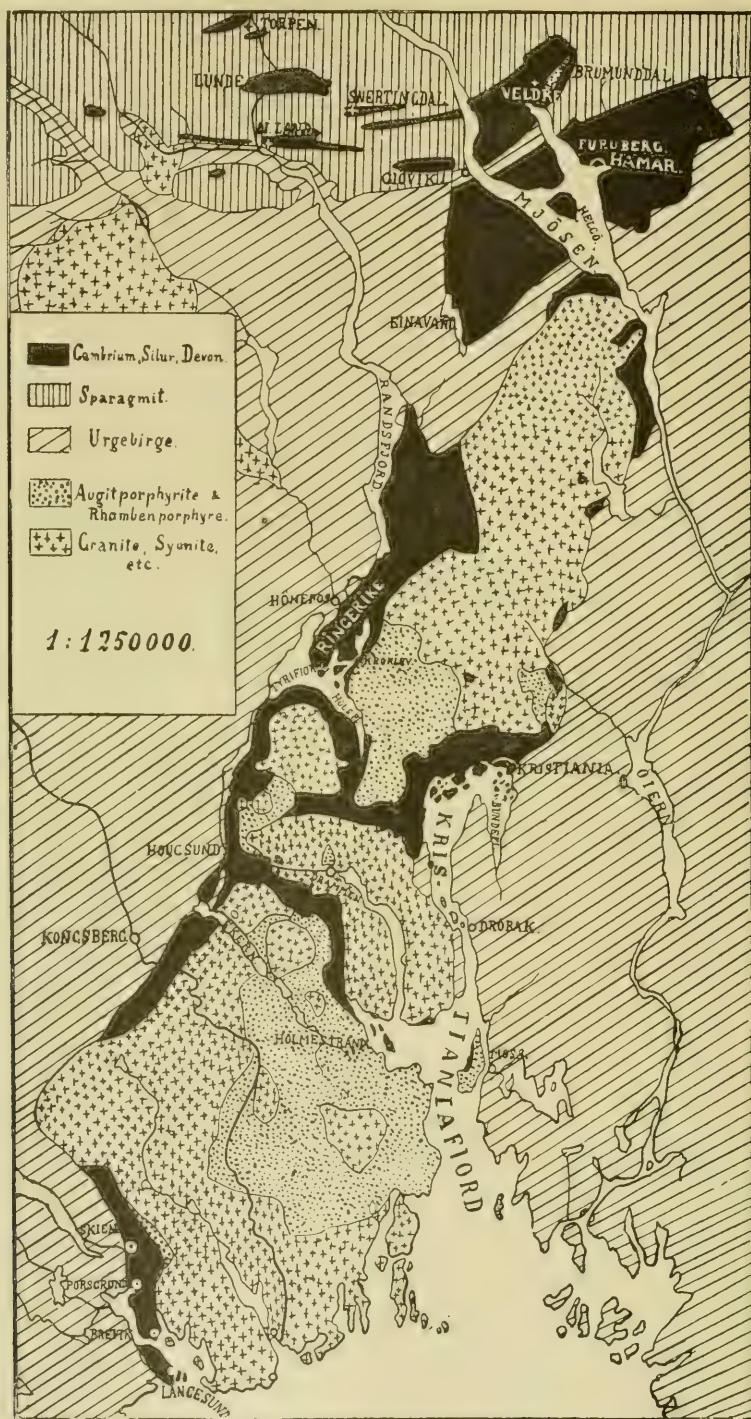


Fig. 1. Uebersichtskarte des Kristiania-Silurgebietes nach W. C. Brügger,¹ nur etwas weiter nach Norden geführt und vereinfacht.

¹ Die Eruptivgesteine des Kristianiagebietes, II, Pag. 124.

sind. Ich werde deshalb zuerst die nähere Beschreibung der betreffenden Ablagerungen in diesem Gebiete folgen lassen, um später meine Untersuchung auf die anderen mir bekannten Gegenden auszudehnen.

1. Ringerike.

Hr. Professor Th. Kjerulf hat hier die Untersuchungen angefangen und die Gegend kartiert; doch hat er sehr wenig darüber publiciert, nur einige Profile mit kurzen Bemerkungen¹. Ins Detail gingen seine Untersuchungen hier nicht. Später hat Hr. Professor W. C. Brögger auf Frognö, wo der Trinucleusschiefer und speciell der Isoteluskalk prachtvoll aufgeschlossen ist, Untersuchungen vorgenommen, wovon leider nur kurze Bemerkungen in seiner Arbeit, «Spaltenverwerfungen», vorliegen.² Endlich wurden von Herrn Münzwarden T. Münster im oberen Teil des Gastropodenkalkes sehr schöne Aufsammlungen gemacht, die mir zur Untersuchung freundlichst überlassen wurden.

Ringerike, ein breites und welliges Landgebiet, nur 25 Klm. N.W. von Kristiania, ist eine der schönsten und fruchtbarsten Gegenden im südlichen Norwegen; besonders der südöstliche Teil ist abwechslungsreich mit seinen niedrigen reichbewaldeten, S.W.—N.O. verlaufenden Höhenrücken, zwischen die der grosse Binnensee Tyrifjord von S. her in tiefen Buchten hineindringt. Viele der kleinen Höhenzüge sind als kuppige, vegetationsreiche Inseln vom Festlande abgetrennt. Im O. hebt sich der harte, devonische Sandstein (Etage 9) mit den darüberlagernden Augitporphyriten und Rhombenporphyren als eine schroffe, mächtige Mauer 400—600 m. über das Thal empor und bildet durch seinen Gegensatz zu dem weiten, fruchtbaren Landgebiete einen wirkungsvollen Abschluss der Landschaft. Im N.W. dagegen steigen die dunkelbewaldeten Gneissgebirge sanfter in die Höhe. Schon viele Fremden haben diese malerische Landschaft von dem bekannten Aussichtspunkt Krogkleven aus genossen; den Palaeontologen interessiert noch mehr die Vollständigkeit der silurischen Schichtenfolge, die er hier entwickelt findet; das ganze Silur ist lückenlos vorhanden und an vielen Stellen, besonders an den Seeufern, in schönen natürlichen Profilen aufgeschlossen; es beherbergt einen Reichtum an Versteinerungen, der jedenfalls, was

¹ Ueber die Geologie des südlichen Norwegens, 1857, Pag. 90 u. f.

² Spaltenverwerfungen in der Gegend Langesund—Skien, Pag. 268 u. 270.

mit der unterlagernden Trinucleusabteilung, die nur in der hohen S.W.-Spitze zum Vorschein kommt. Am östlichen Ufer entlang hat man ein gutes Profil durch die erstgenannten Schichten. Nördlich am Einlauf zum Frognösund findet sich ein schöner Sattel nebst Mulde, darauf trifft man nach Süden zu immer ältere Schichten, die ca. W. 30° N.--O. 30° S. streichen und mit $20\text{--}30^{\circ}$ gegen N. 30° O. fallen. Wahrscheinlich treten hier einige Verwerfungen auf, so dass der Isoteluskalk mächtiger erscheint, als er in Wirklichkeit ist. Die ganze Schichtenfolge besteht aus dunkelblauen oder braunen bis schwarzen Kalkplatten, die mit zonenweise dickeren und dünneren Schichten von grauem Schiefer wechsellagern.

Im unteren Teil habe ich folgende Versteinerungen gefunden:

1. *Diplotrypa* sp.
2. *Crinoidenstiele*.
3. *Leptaena transversalis*, Dalm.
4. *Orthis insularis*, L. v. B.
5. *Orthis* sp.
6. *Platystrophia biforata*, Schl.
7. *Murchisonia* sp.
8. *Endoceras* sp.
9. *Orthoceras* sp.
10. *Cyrtoceras* sp.
11. *Discoceras* sp.
12. *Trinucleus Wahlenbergi*, Rouault.
13. *Iliaenus Linmarssoni*, Holm.

Höher hinauf beginnt die interessante Kalkalge *Dasyoporella* sp. aufzutreten, zuerst ganz spärlich in kleinen Haufen, bald aber massenhaft, so dass die Kalkplatten vollständig davon erfüllt sind; wir haben eine typische Algenfacies vor uns. Allmählich finden sich auch Korallen ein und treten besonders in den obersten Schichten auf beiden Seiten der kleinen nördlichen Bucht, die von der besprochenen Mulde gebildet wird, sehr zahlreich auf.

Hier wurden notiert:

1. *Dasyoporella* sp. gesteinsbildend.
2. *Plasmopora primigenium*, nov. sp.
3. *Plasmopora conferta*, Edw. & H.
4. *Plasmopora ramosa*, nov. sp.
5. *Coccocoris Ungerni*, Eichw.
6. *Ptychophyllum buceros*, Eichw.
7. *Ptychophyllum Craigense*, M'Coy.

8. *Syringophyllum organum*, Lin.
9. *Romingeria robusta*, nov. sp.
10. *Favosites asper*, d'Orb.
11. *Halysites parallela*, F. Schm.
12. *Halysites escharoides*, Lin.
13. *Athyris Portlockiana*, Dav.
14. *Ascoceras* sp.
15. *Discoceras* sp.
16. *Iliaenus Römeri*, Volb.

Um unsere Untersuchung höher hinauf in der Schichtenfolge fortzusetzen, brauchen wir nur das Profil über Svartö und das westliche Ufer des Saelabon's abzugehen. Dies ist eine 3 Klm. lange Bucht, die ca. 4 Klm. westlich von der bekannten Touristenstation Sundvolden gegen N. einschneidet. Am Eingang der Bucht liegen westlich zwei kleine Inseln, Svartöerne (die schwarzen Inseln) genannt, nur durch einen schmalen Sund vom Festlande, dem Kirchspiel Bönsnæs, getrennt. Die westliche ist die grössere, ca. 500 m. lang und 200 m. breit, und erstreckt sich mit ihrer Längsaxe ungefähr von SW. nach NO.

Die mit schwarzer Verwitterungsrinde überzogenen krystallinischen Kalke, die auf der nordwestlichen Seite beider Inseln mauerartig aufsteigen und in Verbindung mit dem dunklen Nadelwald, der beide dicht bedeckt, ihnen ein finsternes, geheimnisvolles Gepräge verleihen, haben ihnen ihren Namen eingebracht. Von den 2 Svartöern und der nördlichen Fortsetzung des Profiles, dem Stavnæstangen und Ullerntangen, stammen die meisten Korallen, die ich in einer folgenden Arbeit behandeln werde.

Die Lagerungsverhältnisse sind ziemlich einfach und werden besser als durch jede Beschreibung durch das beigefügte Profil veranschaulicht.

Die obersten Schichten von Frognö finden wir auf Stavnæstangen wieder, speciell im mittleren Teil desselben. Hier liegen dieselben Dasyporellenkalken, die wir dort sahen. Höher hinauf in der Schichtenfolge auf dem nördlichen Teil dieser Landzunge treten dagegen diese eigentümlichen Kalkalgen nicht mehr auf. Da ich jedoch keinen anderen faunistischen Unterschied zwischen beiden konstatieren konnte, muss ich sie zu derselben Abteilung und zwar dem Gastropodenkalk rechnen. Dieser wird von mehr oder weniger knolligen, 2—25 cm. dicken Platten aus dichtem, gewöhnlich dunkelblaugrauem Kalk gebildet, die mit feinem dunkelgrauen Mergelschiefer wechsellagern. Partien mit wenig Schiefer wechseln in der ganzen Serie mit solchen mit reichlichem

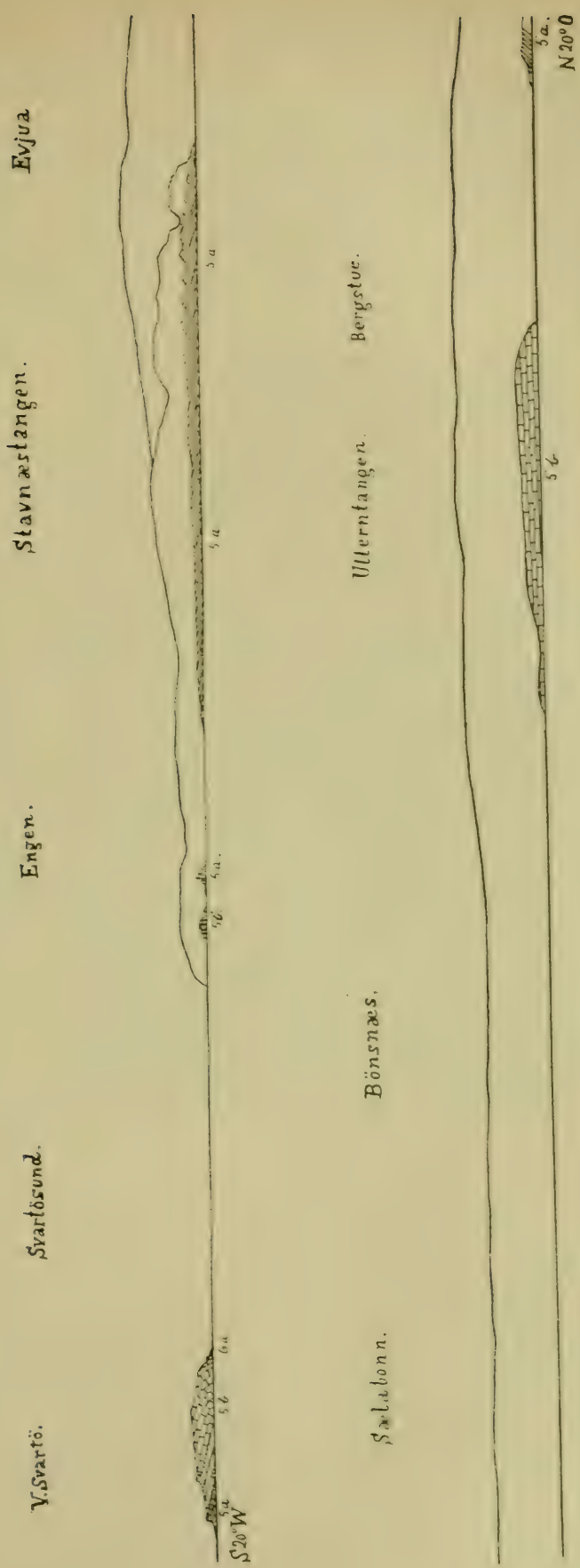


Fig 3. Profil im Massstabe 1:7000, von V. Svartö entlang der westlichen Seite von Sälabonn. 5 a. Gastropodenkalk (die obersten Chasmoposschichten), 5 b. Kalksandstein und Korallenkalk (die Meristella crassa-Schichten). Im Hintergrunde die Konturen der Halbinsel Bönsnæs, die hauptsächlich aus der Etage 4 gebildet wird.

Schiefer zwischen den Kalkplatten. Die Mächtigkeit des Gastropodenkalkes beträgt hier über 100 m. Die Fauna ist eine ungemein reiche. Die Coelenteraten und Gastropoden waren in grosser Ueppigkeit entwickelt, ohne jedoch eine Riffacies gebildet zu haben; die Korallen waren rasenförmig verbreitet, und wir finden sie deshalb fast immer isoliert und schön erhalten; nur auf einer Stelle konnte ich ein kleines,

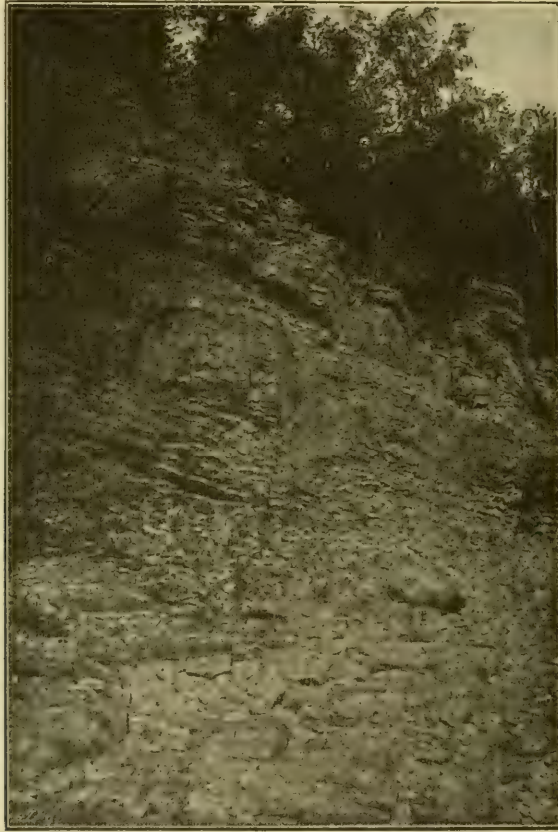


Fig. 4. Der Gastropodenkalk (5 a) auf Stavnæstangen, Kalkplatten und Schiefer in wechselnder Mächtigkeit. Nach einer Photographie des Verfassers.

ca. 0.5 m. dickes Riff aus Stromatoporen und Plasmoporiden konstatieren. Auf Vestre Svartö ist der obere Teil des Gastropodenkalkes am Süd- und Südost-Ufer schön aufgeschlossen. Die Zugehörigkeit dieser Schichten zum Gastropodenkalk geht aus der Fauna mit Evidenz hervor. Zu unterst liegen ca. 0.5 m. dicht an einander gelagerte Kalkbänke, die denjenigen auf Stavnæstangen ganz ähnlich sind; darauf folgen 5—6 m. sandhaltige Mergelschiefer mit sehr dünnen knolligen Kalkbänken, und nun folgt die erste 35 cm. dicke Kalksandsteinbank,

hierauf wieder 3—4 m. sandhaltige, unregelmässig geschichtete Kalkschiefer, dann eine 25 cm. dicke Kalksandsteinbank und so weiter, indem die Schieferpartien kleiner und die Kalksandsteinbänke immer zahlreicher und dicker werden. Die Fauna, die in den ersten 9—10 m. sehr reich ist, wird jetzt ärmer, und der typische Gastropodenkalk geht auf diese Weise ganz allmählich in einen fossilarmen Kalksandstein über.

Als dem Gastropodenkalk angehörig können wir hier ca. 13 m. rechnen.

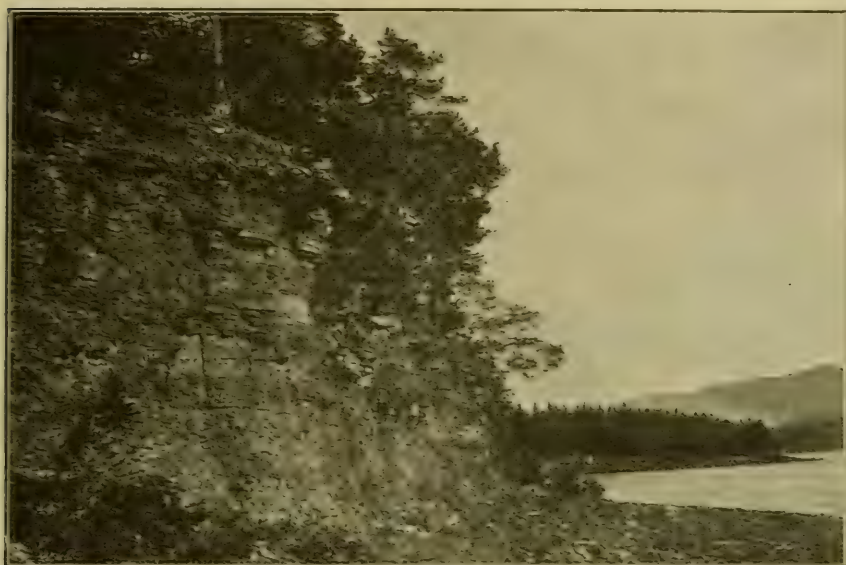


Fig. 5. Der obere Teil des Gastropodenkalkes auf Vestre Svartö, Kalksandsteinbänke und dünn-schiefriger, etwas sandiger Kalk. Nach einer Photographie des Verfassers.

Aus dem hier besprochenen Gastropodenkalk auf Stavnæstangen und Vestre Svartö kann ich folgende Formen anführen:¹

Algae.

Dasytorella, Stoll. sp. Massenhaft besonders im unteren Teil des Gastropodenkalkes auf Stavnæstangen.

Apidium, Stoll. sp. (cf. *sororis*, Stoll.). Häufig in den unteren Schichten auf V. Svartö.

Spongiae.

Astylospongia praemorsa, F. Röm. Stavnæstangen, 1 Expl.

Acestra subularis, F. Röm. (*Hyalonema Girvanense*, Nich. & Eth.), Stavnæstangen, selten.

¹ Bis jetzt wurden nur die Korallen, Brachiopoden und Trilobiten genauer untersucht.

Coelenterata.

Stromatopora sp. Häufig, Stavnæstangen.

Dictyonema sp. Selten, Stavnæstangen.

Favosites asper, d'Orb. Sehr häufig, überall.

Halysites escharoides, Lam. Ueberaus häufig, und stark variierend.

Halysites escharoides, Lam. var. *Jacovickii*, F. d. Waldh. Häufig.

Halysites escharoides, Lam. nov. var. *undulata*. Selten, Stavnæstangen.

Halysites parallela, F. Schm. Nicht selten auf Stavnæstangen.

Proheliolites dubius, F. Schm. Sehr häufig, besonders auf Stavnæstangen.

Plasmopora conferta, Edw. & H. Sehr häufig.

Plasmopora parvotabulata, nov. sp. Sehr häufig.

Plasmopora ramosa, nov. sp. Seltener, auf Stavnæstangen.

Plasmoporella convexotabulata, nov. gen. & sp. Nur auf Stavnæstangen, hier aber im mittleren Teil sehr häufig.

Plasmoporella connexotabulata, nov. var. *vesiculosa*. Seltener, mit der Hauptform zusammen.

Heliolites intricatus, var. *lamellosus*, Lm. Häufig, Stavnæstangen.

Coccoseris Ungerni, Eichw. Ueberall häufig.

Syringophyllum organum, Lin. Häufig überall, jedoch besonders im oberen Teil in grossen Mengen.

Ptychophyllum Craigense, M'Coy. Sehr häufig.

Ptychophyllum buceros, Eichw. Sehr häufig.

Ptychophyllum buceros, Eichw. var. *Estonica*, Dyb. Häufig.

Ptychophyllum formosum, Dyb. Seltener.

Lindströmia subduplicata, M'Coy. Sehr häufig, besonders im oberen Teil.

Bryozoa.

Monotrypa sp. Stavnæstangen, V. Svartö.

Heterotrypa sp. Stavnæstangen, V. Svartö.

Discopora rhombifera, F. Schm. Stavnæstangen, häufig, ebenso bei Vaker auf Ringerike.

Ptilodictya costellata, M'Coy. V. Svartö.

Ptilodictya cf. explanata, M'Coy. Vestre Svartö.

Brachiopoda.

Discina sp. cf. *gibba*, Lm. Vestre Svartö.

Crania sp. Stavnæstangen.

Orthis nov. sp. Vestre Svartö, häufig. Steht *O. sinuata*, Hall, nahe; sie ist jedoch viel kleiner als die typischen Formen von dieser, hat etwas zahlreichere und schärfer abgesetzte Rippen;

der Ventralsinus ist verhältnismässig etwas breiter und seichter, der Ventralschnabel mehr hervorragend. Bei *O. rustica*, Linn. ist der Ventralsinus viel schwächer als bei unserer Form; weiter ist der Dorsalschnabel viel länger und mehr gerade.

Orthis cf. Mullochiensis, Dav. V. Svartö.

Orthis calligramma, Dalm. var. *Sadewitzensis*, F. Römer, Stavnæstangen.

Orthis calligramma, Dalm. var. *Scotica*, Dav. Stavnæstangen, Vestre Svartö.

Orthis Actoniae, Sow. Stavnæstangen.

Orthis porcata, M'Coy (*solaris*, L. v. Buch), Vestre Svartö, häufig.

Orthis concinna, Lm. Stavnæstangen, Vestre Svartö, sehr häufig.

Orthis biloba, Dav. Stavnæstangen.

Platystrophia biforata, Schl. Stavnæstangen, Vager.

Strophomena rhomboidalis, Wilck. Stavnæstangen; Vestre Svartö, wo sie oft massenhaft auftritt.

Strophomena pseudodeltoidea, Stolley.¹ Stavnæstangen, Vestre Svartö.

Strophomena semipartita, F. Röm. Stavnæstangen, Vager.

Strophomena, nov. sp. Vestre Svartö. Steht *St. imbrex*, Pander am nächsten. Sie ist jedoch viel flacher; in dieser Hinsicht stimmt sie mit einer Form von Gotland, die von Lindström als *imbrex*, Pand. bezeichnet ist, überein. Sowohl von dieser als von der typischen *imbrex*, Pand. unterscheidet sie sich scharf durch eigentümliche Längsfalten am Schlossrande.

Strophomena cf. grandis, Sow. Stavnæstangen.

Strophomena corrugatella, Dav. Siehe Davidson, Vol. V, Tab. XV, Fig. 23 a—b. Stavnæstangen.

Leptaena sericea, Sow. Vestre Svartö, stellenweise häufig.

Leptaena Schmidtii, Tqu. Stavnæstangen, Vestre Svartö, häufig. Steht der *Lt. transversalis*, var. *major* aus Malmöschiefer, Malmöen nahe.

Leptaena cf. quinquecostata, M'Coy. Stavnæstangen, allgemein.

Orthisina Verneuillii, Eichw. var. *Wesenbergensis*, Pahl. Vestre Svartö, häufig.

Pentamerus cf. rotundus, Sow. Stavnæstangen.

Camerella rapa, Lm. Stavnæstangen, ziemlich häufig.

Atrypa marginalis, Dalm. Stavnæstangen, Vestre Svartö.

Atrypa Headii, Bill. (Davidson, III, Tab. XXII, Fig. 1—7 a, 8—8 d) in schönen Exemplaren von Vestre Svartö.

¹ Die cambr. silur. Geschiebe Schleswig-Holsteins, Pag. 41.

Dayia pentagonalis, Reed. Vaker, Ringerike.

Athyris Portlockiana, Dav. Stimmt am besten mit Lindströms Beschreibung von dieser Art (Fragm. Silur. Tab. XIII, 20—22) überein.

Mollusca.

Ambonychia pulchella, Lm. Stavnæstangen.

Ambonychia radiata, Hall. Sehr häufig auf Vestre Svartö.

Pleurotomaria elliptica, His. Vestre Svartö.

Pleurotomaria notabilis, Eichw. Vestre Svartö.

Murchisonia insignis, Eichw. Sehr häufig.

Bellerophon cf. *bilobatus*, Sow. Stavnæstangen.

Bellerophon sp. Stavnæstangen, Vestre Svartö.

Holopea ampullacea, Eichw. Stavnæstangen.

Trochus cf. *rupestris*, Eichw. Häufig besonders in den unteren Schichten auf Vestre Svartö.

Loxonema sp. Stavnæstangen, Vestre Svartö.

Euomphalus sp. Stavnæstangen, häufig.

Maclurea neritoides, Eichw. Häufig. Stavnæstangen, V. Svartö.

Subulites gigas, Eichw. Stavnæstangen, V. Svartö.

Die Gasteropoden treten in grossen Massen auf; da ich aber fast nur Steinkerne besitze, lassen sich weitere Bestimmungen vorläufig nicht machen.

Endoceras sp. Sehr gross. Stavnæstangen.

Orthoceras clathrato-annulatum, F. Röm. Häufig.

Cyrtoceras cf. *Sphinx*, F. Schm. Stavnæstangen, V. Svartö.

Ascoceras sp. Stavnæstangen, nicht selten.

Cyrtoceras sp. Stavnæstangen, Vestre Svartö, häufig.

Discoceras antiquissimum, Eichw. Stavnæstangen, V. Svartö.

Crustacea.

Leperditia brachynota, F. Schm. Sowohl auf Stavnæstangen als auf V. Svartö kommen mehrere Leperditia-Arten häufiger vor.

Remopleurides cf. *Colbii*, Portl. Vestre Svartö.

Isotelus nov. sp.

Illæmus Linnarssoni, Holm. Stavnæstangen; Vestre Svartö, wo er in den unteren Schichten häufig ist.

Illæmus Römeri, Volb. (*vivax*, Holm). Vager, Ringerike, Stavnæstangen.

Stygina sp. cf. *Musheni*, Salt. Vestre Svartö.

Bronteus laticauda, Wahlenb. Mehrere schöne Pygidien und Glabella auf Stavnæstangen.

Chasmops nov. sp. Vestre Svartö, Stavnæstangen. Von dieser interessanten Form habe ich leider nur schlechte Stücke. Sie steht *Ch. maxima*, F. Schm. und *Ch. macroura*, Sjögr. am nächsten, kann aber mit keiner identifiziert werden. Die Glabella ist ungewöhnlich flach, besonders nach vorne, die ersten Seitenloben sind viel kürzer als bei *Ch. maxima*, Schm., und die Glabella ist grob tuberculiert.

Sphaerocoryphe cf. *granulata*, Ang. Vager, Ringerike.

Encrinurus Seebachii, F. Schm., wahrscheinlich identisch mit Törnquist's *E. multisegmentatus*. Vestre Svartö. Vager auf Ringerike.

Cybele brevicauda, Ang. 1 schönes vollständiges Exemplar aus Stavnæstangen, mehrere grosse verwitterte aus Vager, auch von Vestre Svartö.

Lichas sp. cf. *brevilobata*, Törnquist. Stavnæstangen.

Lichas sp. Stavnæstangen.

Proetus sp. Stavnæstangen, Vestre Svartö. Stimmt nicht mit den in F in Estland vorkommenden Proetusarten überein.

Phaetonides sp. Nur Glabella. Vestre Svartö.

Harpes Wegelini, Ang. Schöner vollständiger Kopfschild aus Stavnæstangen. Vestre Svartö.

Harpes costatus, Ang. Fast vollständiges, sehr schönes Exemplar bei dem Hofe Svarstad auf Bönsnæs gefunden.

Ueber dem Gastropodenkalk folgt mit petrographisch ganz allmählichem Uebergang ein Kalksandstein.

Dieser besteht unten, wie schon gesagt, aus ungemein harten Kalksandsteinbänken, die eine Dicke von 70 cm. erreichen können, und unregelmässig schiefrigen, sandigen Kalken; diese werden dünner und seltener, bis die Kalksandsteinbänke direkt auf einander lagern in einer Mächtigkeit von ca. 15 m., nur durch ein Paar entfernt stehende, dünne Kalkschieferbänke unterbrochen. Mehrmals wurden grobe, sehr deutliche Wellenfurchen gesehen. Die Fauna ist eine sehr arme; im unteren Teil habe ich Steinkerne von der neuen *Chasmops*, *Strophomena rhomboidalis*, Wilck., Gastropoden und einzelne Korallen wie *Halysites escharoides*, Lam. und *Plasmopora parvotubulata*, nov. sp. gefunden. Einige Meter unter der oberen Grenze finden sich auf Vestre Svartö Bänke, die mit *Ptychophyllum buceros*, Eichw. var. *estonica*, Dyb. erfüllt sind. Hier finden sich auch *Leptaena sericea*, Sow. und wahrscheinlich *Strophomena expansa*, Sow. (lose gefunden).

In den obersten Schichten habe ich (auf Ö. Svartö) *Subulites gigas*, Eichw., *Murchisonia* sp., *Str. rhomboidalis*, Wilck., *Rhynchonella* sp. (vielleicht *borealis*, Schl.), *Ptychophyllum* sp. und *Coscinium proavum*, F. Schm. gefunden. Der Kalksandstein bildet ein Uebergangsniveau zur folgenden Abteilung; dies ist aber eigentlich erst in den letztbesprochenen Schichten durch *Rhynchonella* sp. und *Coscinium* mehr ausgeprägt. Im mittleren Teil haben wir von neuen Formen nur *Strophomena expansa*, Sow.; diese eine Versteinerung scheint mir aber wichtig genug um diese Kalksandsteinzone dem jetzt folgenden Korallenkalk näher als dem Gastropodenkalk zu stellen.

Jetzt tritt eine bisher auf Ringerike sehr wenig studierte Schichtenfolge auf, die selbst in diesem kleinen Profil stark variiert. Auf V. Svartö stellen sich im obersten Teil des Kalksandsteines dünne Bänke von krystallinischem Kalk ein, die bald häufiger und dichter werden; nach ca. 5 m. folgt in einer Mächtigkeit von ca. 20 m. ein krystallinischer Kalk in meterdicken, unregelmässigen Bänken. Zu unterst ist er schwärzlich oder grüngefleckt, gewöhnlich bituminös, im oberen Teil heller oder dunkler grau. Oft ist er als ein deutlicher Crinoidenkalk entwickelt. Unten ist er reich an Korallen, oben fossilarm. Auf Ö. Svartö dagegen treffen wir über den eben besprochenen obersten Kalksandsteinschichten zuerst dünne Schichten von einem hell graugrünen sandigen Crinoidenkalk, in welchem ich *Coscinium proavum*, F. Schm., *Ptilodictya pinnata*, F. Röm., *Orthis* sp. und *Atrypa marginalis*, Dalm. gefunden habe. Hierüber liegen ca. 3 m. grauer oder schwarzer krystallinischer Kalk in 5—40 cm. dicken Bänken; die Fauna ist noch nicht reich, ab und zu Korallen und Brachiopoden. Auch zeigen sich hier einige dünne Kalksandsteinbänke. Dann kommen unregelmässig geschichtete, mächtige Bänke von einem grauen, stark krystallinischen, oft bituminösen Crinoidenkalk oder dichterem, grünlich geflecktem Kalk mit weissen und roten Crinoidenstielgliedern.

Diese Bänke sind erfüllt mit Korallen, die dicht auf einander liegen; die meisten sind vom Wasser erodiert gewesen, und man kann oft beobachten, wie die eine sich auf der anderen angesiedelt hat. Brachiopoden etc. kommen nicht häufig vor. Am nördlichen Ufer der Insel, wo man auf ganzen Schichtflächen dieses Kalkes wandert, sieht man überall mächtige, halb oder ganz ausgewitterte Korallenstücke umherliegen. Das höchste Niveau wird von verschiedenen gefärbten, jedoch hauptsächlich roten Kalken gebildet, die bald als krystallinische Crinoidenkalke, bald als dichte Kalke mit weissen Crinoidenstielgliedern charakterisiert werden müssen. Sie verwittern mit schwärzlicher Rinde. Oft

sind sie aus Korallen und Monticuliporen aufgebaut. Bemerkenswert ist der schnelle Wechsel in der Farbe in einer und derselben Bank, und in der ganzen Serie die plötzliche Veränderung in der Sedimentbildung. Kleine Einlagerungen von mehr sandhaltigem Kalk, die auf angewitterter Oberfläche besonders deutlich hervortreten, sind sehr gewöhnlich. Stellenweise findet man kleine, rasch auskeilende Kalksandsteinbänke oder linsenförmige Schieferpartien, in welchen erodierte und gerollte Korallen eingelagert sind. Auf Ullerntangen treffen wir die entsprechenden Schichten in ähnlicher, aber immerhin etwas abweichender Entwicklung:



Fig. 6. Die *Meristella crassa*-Schichten (5b) auf Östre Svartö, dickbänke Crinoiden- und Korallenkalke. Nach einer Photographie des Verfassers.

zu unterst ein mehr regelmässiger Wechsel von fossilleerem Kalksandstein und dem gewöhnlichen, reichen Crinoidenkalk in unregelmässigen Bänken; ab und zu habe ich den Crinoidenkalk als linsenförmige Einlagerung im Kalksandstein gesehen.

Hierauf folgen einige m. eines harten Kalksandsteins, in welchem einzelne Zonen von *Ptychophyllum* und Brachiopoden erfüllt sind; von diesen verdienen *Orthis porcata*, M'Coy, *Leptaena sericea*, Sow. und *Meristella crassa*, Sow. hervorgehoben zu werden. Das oberste Niveau wird wieder von krystallinischem hellen oder dunklen Crinoidenkalke, dunkelbraunem dichten Kalke mit Brachiopoden sowie hellgrauem

lichten Kalke in reichem Wechsel gebildet; in dem letzteren wurden *Cyrtoceras*, *Lituities* und *Orthoceras* beobachtet. Mehrere Varietäten der dichten Kalke sind sehr schön, indem sie weisse und rötliche Crinoidenstielglieder und Korallen enthalten.

Diese Facies glaube ich als eine ächte Riffacies auffassen zu können, und es lässt sich hiermit der eigentümliche und rasche Wechsel der Sedimente am besten im Einklang bringen. Man vergleiche sie nur z. B. mit der schönen Beschreibung der Riffacies in Walthers «Einleitung in d. Geologie», Bd. III, Pag. 893 ff. Diese Riffe müssen sich in der Nähe des Ufers gebildet haben; denn die meisten ihrer Sedimente sind schwach mit Sand gemischt, und die ganze Ablagerung beginnt ja mit einer Uferbildung.

In diesem Niveau habe ich auf Ö. Svartö, bei Engen und auf Ullerntangen folgende Versteinerungen gefunden:¹

Favosites asper, d'Orb. Sehr häufig.

Favosites Hisingeri, M. E. & H. Selten.

Nyctopora undulata, nov. sp. Sehr häufig.

Halysites escharoides, Lam. Häufig.

Halysites escharoides, Lam. var. *Jacovickii*, F. d. Waldh. Häufig.

Syringopora sp. Selten.

Romingeria robusta, nov. sp. Häufig, besonders im oberen Teil.

Proheliolites dubius, F. Schm. Mutatio. Häufig.

Plasmopora conferta, Edw. & H. Mutatio. Seltener.

Plasmopora stellata, nov. sp. Sehr häufig.

Plasmoporella convexotabulata, nov. gen. & sp. Häufig.

Heliolites parvistella, F. Röm. Allgemein.

Thecia sp. Selten.

Coccoseris Ungerni, Eichw. Selten, im unteren Teil.

Calopoecia cf. *Anticostiensis*, Bill. Häufig.

Ptychophyllum buceros, Eichw. Sehr selten.

Ptychophyllum Craigense, M'Coy. Nicht häufig.

Columnaria Kassariensis, Dyb. Häufig bei Engen.

Columnaria fascicula, Kut. Massenhaft.

Columnaria fascicula, Kut. nov. var. *columellaris*. Sehr häufig.

Pholidophyllum tubulus, Dyb. Sehr häufig.

Pholidophyllum tubulus, nov. var. *regularis*. Sehr häufig in mächtigen Stöcken.

Cyathophyllum sp. Nicht selten.

¹ Diejenigen aus dem unterliegenden Kalksandstein werden hier nicht aufgezählt.

- Chonophylloides rarotabulatus*, nov. gen. & sp. Nicht häufig.
Sphaeronites sp. Auf Ullerntangen an einer Stelle sehr zahlreich.
Caryocrinus sp. 1 Expl.
Ptilodictya pinnata, F. Röm. Selten.
Coscinium proavum, F. Schm. Selten.
Discopora rhombifera, F. Schm. Im oberen roten Kalk, selten.
Callopora sp.
Discina sp.
Orthis cf. *Mullochiensis*, Dav. Selten.
Orthis porcata, M'Coy. In den Kalksandsteinschichten auf Ullerntangen.
Platystrophia biforata, Schl.
Orthisina Verneuilii, Eichw. Nicht selten.
Leptaena sericea, Sow. Häufig, besonders in den Kalksandsteinschichten auf Ullerntangen.
Leptaena Schmidtii, Törnq. Selten.
Strophomena rhomboidalis, Wilck. Häufig.
Strophomena pseudodeltoidea, Stol.
Strophomena expansa, Sow. Selten.
Rhynchonella borealis, Schl. Selten.
Atrypa marginalis, Dalm. Sehr häufig.
Meristella crassa, Sow. Häufig in den Kalksandsteinschichten auf Ullerntangen.
Grosse neue *Pentameride* nahe *Stricklandinia*. Von Münster im losen Block auf V. Svartö gefunden und stammt sicherlich aus diesem Niveau; selbst habe ich sie auf Ullerntangen constatirt.
Pentamerus Münsteri, nov. sp. (Brögger man.). Im losen Block auf V. Svartö von Münster gefunden. Nach dem Gesteinscharakter und dem Vorkommen bei Skien gehört diese Form hierher.
Murchisonia cf. *insignis*, Eichw.
Orthoceras, *Cyrtoceras* und *Discoceras*, selten auf Ullerntangen.
Leperditia brachynota, F. Schm. Nicht selten.
Iliaenus Linmarssoni, Holm. Selten.

Die höchsten Schichten im ganzen Profil finden wir auf der Nordseite von Vestre Svartö. Hier folgen über dem Korallenkalk in einer kleinen Landzunge ca. 15 m. eines etwas sandhaltigen, teilweise knolligen Kalkschiefers mit dünneren und dickeren Bänken von reinerem, sehr harten Kalk.

Ich habe hier folgende Versteinerungen gefunden:

1. *Plasmopora intercedens*, nov. sp.
2. *Heliolites intricatus*, var. *lamellosus*, Lm.
3. *Favosites asper*, d'Orb.
3. *Ptychophyllum buceros*, Eichw. var. *estonica*, Dyb.
5. *Pentamerus undatus*, Sow.
6. *Orthis* sp. cf. *Loveni*, Lm.
7. *Phacops elegans*, Sars & Boeck.

Mit dem Nachweis von *Pentamerus undatus*, Sow. und *Phacops elegans*, Sars & Boeck ist eine auch anderswo im Kristianiagebiet vorkommende Zone hier konstatiert, die mit den Jördenschen Schichten (G₁) in Estland verglichen werden muss. Ich komme später hierauf näher zurück. Wir müssen diese Schichten zum tiefsten Obersilur rechnen, obwohl die Fauna, was die Korallen betrifft, noch untersilurisch aussieht. Der Uebergang ist ein ganz allmählicher.

Ein höheres Niveau finden wir an der Westseite der Bucht Sälabonn nicht; denn nördlich von Ullerntangen treffen wir wieder Gastropodenkalk und weiter im Westen finden wir überall ältere Schichten, Etage 4 (Kjerulf). Auf der Ostseite des Sälabonn dagegen treffen wir überall Obersilur in einem ganz ähnlichen Profil wie auf der Westseite. Dem Ullerntangen gegenüber findet man bei dem kleinen Pachthofe Rolighed das tiefste Obersilur entblösst. Es wird von Bänken aus Kalksandstein und krystallinischem Kalk mit dazwischen liegenden Thonschiefern gebildet. Die Fauna ist nicht reich; gefunden wurden im unteren Niveau nur:

- Favosites Hisingeri*, Edw. & H.
Favosites asper, d'Orb.
Ptychophyllum sp.
Plasmopora Anderssoni, Nich. & Eth.
Leptocoelia hemisphaerica, Sow.¹
Pentamerus undatus, M'Coy.
Strophomena expansa, Sow.
Strophomena filosa, Sow.
Orthis cf. *Loveni*, Lm.
Phacops elegans, Sars & Boeck.

Es ist klar, dass diese Schichten den eben besprochenen von Vestre Svartö sehr nahe stehen, obwohl sie mit diesen nicht direkt parallelisiert werden können; das verbietet das Fehlen der *Strophomena expansa*,

¹ Steht d. *L. Duboisi*, Vern, sehr nahe.

Sow. auf Vestre Svartö. Immerhin müssen sie ziemlich direkt darauf folgen.

Es liegt eigentlich ausserhalb des Planes meiner Arbeit höher in die Schichtenfolge hinaufzusteigen, obgleich das Obersilur auf Ringerike schön entwickelt und sehr gut aufgeschlossen ist.¹ Ich möchte jedoch hier erwähnen, dass die Etage 6, Brögger (oder der Malmöschiefer, Kjerulf) sowohl hier auf Ringerike als bei Porsgrund—Skien in 3 Unterabteilungen zerfällt. Die untere habe ich schon besprochen; hierüber folgen auf Ringerike (beim Pachthofe Sandviken) mächtige Kalksandsteinbänke mit dünnen Schichten von krystallinischem Kalk oder bei Porsgrund (Gunneklev) ähnliche Kalksandsteine mit dünnen Schichten von dichtem, schwarzen Kalk, in welchen zusammen mit *Phacops elegans*, S. & B., *Strophomena expansa*, Sow., *Orthis Loveni*, Lm. und einigen anderen Brachiopoden eine kleine Bryozoe (cf. *Vincularia megastoma*, Eichw.) massenhaft auftritt.

Das obere Niveau wird aus dünneren Platten von Kalksandstein und reinem Kalk mit dazwischenliegenden Thonschiefern gebildet (bei Borgen und auf Limåstangen auf Ringerike, Gunneklev bei Porsgrund). In dieser Zone ist speciell das massenhafte Auftreten von *Rhynchonella decemplicata*, Sow.² charakteristisch. Eigentümlich ist, dass die für dieselbe Etage bei Kristiania so wichtige *Striclandinia lens*, Sow. weder auf Ringerike noch bei Porsgrund—Skien gefunden ist. Nun folgt die überaus constante Zone des *Pentamerus estonus*.

6—7 Klm. NW. von Sälabonn hat man am Hofe Vaker auch eine ganz gute Fundstelle im Gastropodenkalk. Hier öffnet sich ein kleines Thal, das in N.N.O.-Richtung in das Gelände hineindringt. Die S.O.-Seite wird von einer steilen Wand aus Schichten, die dem oberen Teil der Etage 6 und der Etage 7 angehören, gebildet. Die andere Seite steigt weniger schroff empor und besteht aus typischem Gastropodenkalk. Der Thalboden ist sehr verdeckt; nur hier und dort treten mitten in den Feldern einzelne kleine Gesteinsrücken hervor; eigentümlicherweise ist nirgends eine Spur von dem für das Profil bei Sälabonn so charakteristischen Korallenkalk vorhanden. Auf einer Stelle fand ich ca. 90 Schritte vom ausgesprochenen Gastropodenkalk einen niedrigen Gesteinsrücken aus einem fossilarmen Kalksandstein in dicken Platten, in welchen ich folgende Fossilien sammelte:

¹ Th. Kjerulf hat in «Ueber die Geologie d. südlichen Norwegen» (1857) das Profil von Rolighed nach Sundvolden gegeben (Pl. III); er hat aber den Kalksandstein bei Rolighed als Aequivalent seiner Etage 5 α (Kalksandstein bei Kristiania) angesehen.

² Die von Kjerulf als *R. diodonta* bezeichnete Form.

1. *Ptychophyllum Craigense*, M'Coy.
2. *Orthis calligramma*, Dalm.
3. *Orthis* sp.
4. *Leptaena sericea*, Sow. Häufig.

Diese Schichten hatten grosse Aehnlichkeit mit den harten Kalksandsteinen inmitten des Korallenkalkes auf Ullerntangen. Weiter nach S.O. stehen auch dicke Kalksandsteinbänke an, worin ich jedoch keine sicheren Leitfossilien finden konnte. Am nördlichen Ende des Thales, am Pachthofe Lindebråten, sind die Schichten besser entblösst. Auch hier ist der eigentümliche Korallenkalk nicht zu sehen; der untere Teil der Etage 6a ist hier gut zu studieren und zwischen diesem und dem Gastropodenkalk findet man eine Serie von dicken Kalksandsteinbänken, die den eben besprochenen mit *Ptychophyllum*, *Orthis* und *Leptaena sericea*, Sow. gleichzustellen sind. Hierdurch wird jedenfalls so viel gezeigt, dass dieses oberste Niveau selbst auf Ringerike grossen Aenderungen unterworfen ist.

Ehe ich in meiner Uebersicht weiter gehe, will ich schon hier die natürliche Einteilung der besprochenen Schichtenfolge kurz andeuten. Wie wir gesehen haben, bleibt über dem Trinucleusschiefer der petrographische Charakter der Sedimente bis zum unteren Kalksandstein fast unverändert. Gleichwohl hat Brögger aus faunistischen Gründen 2 Unterabteilungen, den Isoteluskalk und den Gastropodenkalk, unterschieden;¹ dem ersteren wurden von ihm die Schichten des ganzen oben beschriebenen Profiles auf Frognö zugerechnet. Ich möchte jedoch vorläufig annehmen, dass die oberen Schichten in diesem Profil, die charakteristischen Dasyporellenkalk, besser zum Gastropodenkalk zu stellen sind. Alle von mir hier gefundenen Formen waren typisch für diese Abteilung. Erst unterhalb des eigentlichen Algengesteins fand ich die Fauna verändert, z. B. *Trinucleus*, *Orthis insularis*, *Orthis* sp. (nicht im Gastropodenkalk vorkommend). Brögger führt noch an: *Isotelus gigas*, Dek. aff., *Iliaenus Linnarssoni* Holm, *Trinucl. seticornis*, His. und *Wahlenbergi*, Rouault, *Ampyx tetragonus*, Ang. (?)² Die Cephalopodenfauna scheint dagegen mit derjenigen des Gastropodenkalkes übereinzustimmen. Korallen wurden hier nicht gefunden.

Diese untere Abteilung wird folglich durch das noch vollkommene Vorherrschen solcher Formen, die für die tieferen Schichten typisch

¹ «Spaltenverwerfungen», Pag. 267—71.

² Ob alle diese Formen aus den unteren Schichten stammen, wird von Brögger nicht angegeben.

sind, hier aber zum letzten Mal auftreten, charakterisiert.¹ Hierdurch steht diese untere Fauna in scharfem Contrast zu den folgenden und es scheint natürlich, diesen Umstand dadurch zu markieren, dass man mit den höheren Schichten eine neue, grössere Abteilung beginnt.² Um so grösser muss die Bedeutung dieser Aenderung sein, als der Charakter der Sedimente fast vollkommen gleich bleibt. Hierdurch wird aber der Uebergang kein scharfer, und die Grenze kann nicht genau angegeben werden. Man muss sich hierbei mehr auf den allgemeinen Faunencharakter als das Verschwinden einer einzelnen Form stützen. Obwohl so z. B. die Grenze hier mit dem Verschwinden der Gattung *Trinucleus* zusammenfällt, kann man hierauf keinen zu grossen Wert legen; denn wie wir später sehen werden, tritt diese sowohl anderswo im Kristiania-gebiet als auch in anderen Ländern in einem höheren Niveau auf.

Wenn wir uns jetzt zur Betrachtung der Fauna des Gastropodenkalkes wenden, so ist es wegen der grossen Formenfülle nötig die verschiedenen Ordnungen für sich zu untersuchen.

Die Coelenteraten, besonders die Anthozoen sind in ausserordentlicher Formenfülle und Individuenmenge vorhanden. Um ein richtiges Verständnis vom wahren Charakter dieser Korallenfauna zu gewinnen, ist es nötig, kurz die im tieferen Untersilur vorkommenden Korallen zu erwähnen, weil diese in weiteren Kreisen noch wenig bekannt sind. Im norwegischen Silur sind diese äusserst spärlich; am reichsten treten sie bei Porsgrund—Langesund auf in der eigentümlichen, gleich unter dem Trinucleusschiefer lagernden Schichtenfolge, die W. C. Brögger den Encrinitenkalk (4 e) genannt hat. Mitten in diesem liegt ein Crinoidenkalk, in welchem Korallen ziemlich reichlich vorkommen sollen.³ Ich hatte im letzten Sommer Gelegenheit, diese Schichten bei Aasstrand an der Westseite des Frierfjordes kurz zu untersuchen und habe folgende Coelenteraten mitgebracht:

Stromatopora sp., reichlich.

Columnaria sp. cf. *Halli*, Nich. Die gewöhnlichste Form, variiert bedeutend in der Länge der Septen.

Romingeria (?) sp. Zweifelhaft; überhaupt sind die Korallen so schlecht erhalten, dass eine sichere Artenbestimmung wohl unmöglich wird.

¹ Dies wird von Brögger ausdrücklich hervorgehoben («Spaltenverwerfungen», Pag. 268).

² Eine ähnliche Auffassung wird von Brögger angedeutet, «Geolog. kart over öerne ved Kristiania», 1887, Pag. 36.

³ W. C. Brögger, «Spaltenverwerfungen», Pag. 264.

Aus dem Trinucleuskalk bei Kristiania wird von Brögger¹ *Prohelio-lites dubius*, F. Schm. erwähnt. Wenn ich endlich anführe, dass ich am Mjösen in den Mastoporaschichten ein *Ptychophyllum* sp. cf. *Craigense*, M'Coy gefunden habe, so ist damit meine Kenntniss der älteren norwegischen Korallenfaunen vorläufig erschöpft. Nicht reicher finden wir die Ordnung im älteren schwedischen Silur vertreten. Lindström² nennt folgende Korallenformen:

Im Trinucleusschiefer: *Coelostylis Törnquisti*, Lm.

Im Chasmopskalk: *Favosites Forbesi*, E. & H.

Favosites Lonsdalei, d'Orb.

Coelostylis Törnquisti, Lm.

Ptychophyllum Craigense, M'Coy.

In Estland ist es noch ärmer. Hier finden wir in der Wesenberger Sch. nur *Ptychophyllum* sp., *Protaraea* und *Favosites* (?) sp. Tiefer ist ein *Calophyllum* sp. cf. *amalloides*, Dyb.³ allgemein in einer speciellen Faciesentwicklung (Hemicosmitenkalk bei Wasalem) der Jeweschen Schicht verbreitet.

Wenn wir uns jetzt nach England wenden, so muss ich gleich bemerken, dass die Bestimmungen in den älteren stratigraphischen Arbeiten mit grosser Vorsicht aufzunehmen sind. Wenn z. B. aus dem unteren Teil der Llandeilo Flags *Halysites catenularius*⁴ aufgeführt wird, ist auf den Artnamen nicht viel Wert zu legen; wichtig ist immerhin, dass dieser Typus sich so früh in England zeigt. Die reiche Korallenfauna im mittleren und oberen Caradoc kann hier nicht berücksichtigt werden; denn, obwohl sie, wie ich später auseinandersetzen werde, älter als die in dieser Arbeit behandelte ist, stimmt sie mit dieser ganz überein und steht nicht auf einer tieferen Entwicklungsstufe.

In Schottland kennen wir durch Lapworth's Arbeit⁵ *Lindströmia* sp. aus den Balclatchie Beds in Girvan. Das grösste Interesse knüpft sich jedoch in diesem Distrikt an die eigentümliche Korallenfauna in Craig-head Limestone, der von Lapworth⁶ gleich unter die *Didymograptus superstes* und *Dicellograptus sextans* Zone gestellt wird.

Die Korallen sind von Nicholson⁷ sehr schön beschrieben worden; er führt folgende Formen an:

¹ W. C. Brögger, Geolog. kart over øerne ved Kristiania (Nyt Mag. f. Naturvidensk. Bd. XXXI, II, Pag. 27).

² G. Lindström, List of the fossil faunas of Sweden, I.

³ F. Schmidt führt diese Form als *Syringopora* sp. an.

⁴ Woodward, Geology of England, 1887, Pag. 70.

⁵ Lapworth, The Girvan Succession (Q. J. G. S. 1882).

⁶ Ibidem, Pag. 580.

⁷ Nicholson & Etheridge, «Girvan», I.

1. *Ptychophyllum aggregatum*, Nich. & Eth.
2. *Ptychophyllum Craigense*, M'Coy.
3. *Ptychophyllum Europaeum*, F. Röm.
4. *Lindströmia subduplicata*, M'Coy.
5. *Lyopora favosa*, M'Coy (= *Calopoccia* sp.).
6. *Thecostegites scoticus*, Nich. & Eth.
7. *Heliolites Grayi*, Nich. & Eth.
8. *Stylaraea occidentalis*, Nich. & Eth.
9. *Favosites Girvanensis*, Nich. & Eth.

Diese Fauna macht den Eindruck viel jünger zu sein, als Lapworth für sie angenommen hat. Nicholson, der seine Korallenmonographie vor der Arbeit dieses Forschers geschrieben hat, sagt, dass die Korallen andeuten, dass der Craighead Limst. ungefähr dem oberen Teil von Trenton oder der unteren Cincinnati-Gruppe in Amerika entspricht. In derselben Arbeit beschreibt Etheridge die Trilobiten¹ und beide fixieren ihre Auffassung über das Alter dieses Kalkes in folgender Weise: «To a certain extent this evidence bears out our previously expressed opinion, that the Craighead limest. is not of Upper Silurian age although it scarcely assigns to this stratum so low a position as that derived from a study of the Corals». Sie stellen mit anderen Worten die Ablagerung in das obere Caradoc.

Ich kann für meinen Teil nur sagen, dass ich, ehe ich Lapworths Arbeit kannte, die Parallelisierung des Craighead Lmst. mit den in dieser Arbeit besprochenen Ablagerungen in Norwegen sehr wahrscheinlich fand. Die Uebereinstimmung beider Korallenfaunen ist überraschend. Mit Ausnahme von *Thecostegites scoticus*, Nich. & Eth. kommen die schottischen Korallen bei uns meistens in vollkommen übereinstimmenden Formen vor. Ferner ist beiden eine so specialisierte Form wie *Solenopora compacta*, Bilb. var. *Peachii*, Nich. & Eth. gemeinsam.

Davidson beschreibt in «British fossil Brachiopoda», Part. VII (1866—71) mehrere Formen aus Craighead und betrachtet diese Ablagerung als Caradoc. In seinem Supplement (1883), in welchem eine grosse Menge Brachiopoden vom selben Ort beschrieben wird, lässt er sie infolge Lapworths Auffassung tief in das Llandeilo heruntersinken. Dass dies nicht wegen des Charakters der Brachiopodenfauna geschehen

¹ Girvan, II, Pag. 225. *Calymene Blumenbachii*, Brogn., *Bronteus* (gross), *Cheirurus gelasinus* Portl., *Encrinurus punctatus*, Brunn. var. *arenaceus*, Salt., *Ilænus Boumanni*, Salt., *T. Rosenbergi*, Eichw., *Lichas Hibernicus*, Portl.

ist, wird einleuchtend, wenn man diese etwas näher betrachtet. Von 40 Arten sind 11 nur hier gefunden und 9 steigen im englischen Silur vom Llandeilo ins Obersilur hinauf; diese 20 können deshalb hier nicht in Betracht kommen; von den übrigen sind im englischen Silur

- 3 nur in Llandeilo gefunden,
- 3 gehen vom Llandeilo—Caradoc,
- 11 kommen nur im Caradoc vor,
- 3 gehen vom Caradoc—Ober-Silur,
- 1 war früher nur im Obersilur bekannt.

Hierzu kommt noch, dass von diesen 40 Arten 11 zur Gattung *Rhynchonella* gehören, was für eine Llandeilofauna sehr sonderbar ist. Man muss wohl sagen, dass diese Fauna nach ihrem Charakter im Caradoc gestellt werden musste.

So viel interessanter ist die bestimmte Auffassung von Lapworth in seiner bekannten stratigraphischen Uebersicht dieser Gegend, dass der Craighead Lmst. in Llandeilo gestellt werden muss. Es zeigt uns, dass diese Korallenfauna im englischen Silur sehr alt ist und zeugt uns von dem ächt untersilurischen Charakter einer ganzen Reihe von Formen, die wir im Gastropodenkalk antreffen.

Im amerikanischen Silur treffen wir die erste, ächte Koralle in der Chazy Epoche, nämlich *Columnaria* sp. Im Black River und Birdseye Lmst. tritt von neuen Formen *Ptychophyllum* auf, wozu sich im Trentonkalk *Protaraea* und *Halysites* gesellen. Die Columnarien, die den Ptychophyllen nahe stehen, spielen mit diesen zusammen die wichtigste Rolle.

Nach dem hier angeführten kann man also folgende Korallentypen als untersilurische ansehen (die mit einem Sterne bezeichneten treten nur oder hauptsächlich im Untersilur auf):

Favosites.

Halysites.

* *Thecostegites.*

* *Lyopora (Calopoecia).*

* *Calophyllum.*

* *Protaraea (Stylaraea).*

* *Proheliolites.*

* *Columnaria.*

* *Ptychophyllum.*

Lindströmia.

Coelostylis.

Betrachten wir mit diesen Thatsachen vor Augen unsere Gastropodenkalkkorallen, so müssen wir gestehen, dass eine beträchtliche Menge

neuer Typen aufgetreten sind. Die Rugosen haben allerdings noch einen vollkommen altertümlichen Charakter. Auch *Coccoseris* gehört zu einem alten Typus, der sich nicht ins Obersilur fortsetzt und die merkwürdigen Syringophylliden sind auf das oberste Untersilur beschränkt. *Favosites* ist ja auch aus tieferen Schichten bekannt, ist aber nur durch einen einzigen Repräsentanten vertreten und befindet sich somit im ersten Anfang ihrer Entwicklung. Dasselbe ist der Fall mit *Halysites*, die jedoch schon eine grössere Arten-Bildung und Specialisierung aufweisen kann. Die Heliolitiden dagegen sind, wenn auch der primitive *Proheliolites* etwas tiefer auftritt, ausgesprochen neue Typen, die mit der reichen Entwicklung der Gattung *Halysites* zusammen den Faunencharakter wesentlich bestimmen, indem sie ihm ein mehr vorgeschrittenes Gepräge verleihen. Im grossen und ganzen muss man sagen, dass die alten und neuen Typen einander so ziemlich das Gleichgewicht halten, vielleicht jedoch die altertümlichen sich noch in schwacher Majorität befinden.

Unter den Brachiopoden besitzt der Gastropodenkalk noch einen so ausgeprägt untersilurischen Typus wie *Orthisina* in ziemlicher Häufigkeit. Von den wegen ihrer grossen verticalen Verbreitung indifferenten Gattungen *Orthis*, *Leptaena* und *Strophomena* ist die erste durch 7 Arten repräsentiert, wovon *O. bifurcata*, Schl. sowohl im Untersilur wie im Obersilur vorkommt, *O. calligramma*, Dalm. ausgeprägt untersilurisch, *O. biloba*, Dav. ebenso ausgeprägt Obersilurisch ist, während die 4 übrigen ungefähr auf die Etage 5 beschränkt sind. Ein ganz ähnliches Resultat geben die beiden anderen Gattungen. Die Camerellen dagegen kommen gewiss tiefer vor, haben jedoch wie noch mehr *Atrypa*¹ und *Athyris* einen typisch Obersilurischen Charakter. Meine Charakteristik der Korallenfauna ist somit auch für die Brachiopoden vollkommen gültig. Die Fauna hat einen ausgesprochenen Uebergangscharakter.

Wenn wir die Liste über die Trilobiten vornehmen, so werden wir auch hier dieselbe Beobachtung machen. Von 13 Gattungen sind 6 charakteristisch für das tiefere Untersilur, 1 (*Isotelus*) ist an Etage 5 gebunden, bildet aber eine direkte Fortsetzung untersilurischer Formen, 1 ist indifferent, 2 (*Proetus* und *Harpes*) kommen mit Sicherheit auch tiefer vor, kulminieren dagegen erst im Obersilur und 3 (*Bronteus*, *Encrinurus* und *Phaetonides*) sind neu aufgetretene ächt Obersilurische Typen.

¹ *Atrypa micula*, DM. kommt in Schweden tiefer vor, wird aber von Lindström nicht als eine sichere *Atrypa* aufgeführt (Lindström, List of foss. Faun. of Schweden I, Pag. 13).

Als Hauptresultat dieser faunistischen Analyse muss hervorgehoben werden, dass die Gastropodenkalkfauna eine sehr starke Mischung mit obersilurischen Typen zeigt; ja, diese ist so weit vorgeschritten, dass der in tieferen Schichten herrschende Faunencharakter wesentlich verändert wird. Bevor ich die weiteren Konsequenzen dieses Factums auseinandersetze, will ich jedoch erst die hierauf folgende Schichtengruppe in ähnlicher Weise durchgehen.

Die reiche Korallenfauna im krystallinen Korallenkalk scheint beim ersten Anblick einen demjenigen des Gastropodenkalkes ganz verschiedenen Charakter zu besitzen. In Wirklichkeit ist der Unterschied jedoch nicht gross. Mehrere Arten gehen aus dem Gastropodenkalk unverändert über:

1. *Ptychophyllum Craigense*, M'Coy.
2. *Ptychophyllum buceros*, Eichw.
3. *Plasmoporella convexotabulata*, nov. sp.
4. *Coccoseris Ungerni*, Eichw.
5. *Favosites asper*, d'Orb.
6. *Halysites escharoides*, Lm,
7. *Halysites escharoides*, Lm, var. *Jacovickii*, F. d. Waldh.
8. *Romingeria robusta*, nov. sp.

Andere im Gastropodenkalk vorkommende sind durch Mutationen oder sehr nahestehende Formen vertreten, nämlich:

1. *Proheliolites dubius*, F. Schm. durch *dubius*, Mutatio.
2. *Plasmopora conferta*, Edw. & H. durch *conferta*, Mutatio.
3. *Plasmopora parvotubulata*, nov. sp. durch *stellata*, nov. sp.

Folgende Formen sind in tieferen Horizonten nicht gefunden:

1. *Heliolites parvistella*, F. Röm.
2. *Thecia* sp.
3. *Calopoecia* cf. *Anticostiensis*, Bill.
4. *Columnaria Kassariensis*, Dyb.
5. *Columnaria fascicula*, Kut.
6. *Pholidophyllum tubulus*, Dyb.
7. *Cyathophyllum* sp.
8. *Chonophylloides rarotabulatus*, nov. gen. & sp.
9. *Syringopora* sp.
10. *Favosites Hisingeri*, Edw. & H.
11. *Nyctopora undulata* nov. sp.

Von diesen stehen die 2 Columnariaformen den Ptychophyllen im Gastropodenkalk sehr nahe; die erste tritt jedoch in Estland erst in G auf. Die Gattung *Pholidophyllum* hat ihre hauptsächlichliche Verbreitung

im Obersilur: ihr Repräsentant hier, *P. tubulus*, Dyb. ist eine der Leitfossilien für das höchste Untersilur in Estland (F) und kommt nicht tiefer vor. *Heliolites parvistella* ist ebenfalls nur aus dieser Zone bekannt. *Calopoecia* und *Nyctopora* sind Gattungen, die für das amerikanische Untersilur charakteristisch sind. *Chonophylloides* kommt als neue Gattung und Art hier nicht in Betracht. Es bleiben also *Thecia*, *Cyathophyllum*, *Syringopora*, und *Favosites Hisingeri*, Edw. & H. zurück, die als neue obersilurische Typen den Faunencharakter noch weiter ändern: keiner von diesen kommt häufiger vor.

Die meisten Verschiedenheiten, die diese reiche Fauna vor derjenigen des Gastropodenkalkes auszeichnen, sind solche, die auf die veränderten Lebensbedingungen bei einer Riffacies zurückzuführen sind. Das sind z. B. die Veränderungen, welche die Heliolitiden betroffen haben, und die Vertretung vieler Einzelkorallen durch nahestehende koloniebildende Formen. Im grossen und ganzen ist der Typus ziemlich unverändert geblieben; doch darf die thatsächliche Entwicklung der Formen und das Auftreten der genannten ausgesprochen obersilurischen Typen nicht vergessen werden; bei der Prüfung der Uebereinstimmung mit der Gastropodenkalkfauna treten diese Veränderungen aber stark in den Hintergrund.

Von den anderen Ordnungen sind nur die Brachiopoden reichlich vorhanden, dafür aber um so sonderbarer. Die Majorität wird von Gastropodenkalkformen, wovon mehrere wie *Orthosina* und *Leptaena sericea*, Sow. ächt untersilurischen Charakter haben, gebildet; hieran schliessen sich aber ein typischer *Pentamerus*, die merkwürdige, riesige neue *Pentameride*, *Meristella crassa*, Sow., *Rhynchonella borealis*, Schl. und *Stroph. expansa*, Sow. Man muss gestehen, dass diese Brachiopodenfauna schon bedeutend näher dem Obersilur steht als dem Untersilur. Die übrigen Ordnungen sind wie gesagt spärlich vorhanden, scheinen aber keine Veränderung vom Gastropodenkalk ab erlitten zu haben. Obgleich so die Fauna in dieser Abteilung sehr bedeutend mit obersilurischen Typen gemischt ist, möchte ich sie jedoch nicht als obersilurisch betrachten. Dazu ist das Ueberwiegen solcher Formen noch zu schwach. Von mehreren Forschern wurde das Auftreten einzelner Typen wie z. B. *Pentamerus* als maassgebend für die Bestimmung der Grenze zwischen Ober- und Untersilur betrachtet; doch mit Unrecht. Es ist ja klar, dass die betreffenden Typen, die so unerwartet in vielen Gebieten auftreten, viel tiefer wurzeln und erst durch ihre allmähliche Verbreitung in verschiedenen, weiter und weiter sich entwickelnden Faunen zum Vorschein kommen müssen. Wo die Faunenveränderung so langsam vor sich

geht oder mit anderen Worten Uebergangssedimente mit reicher Fauna vollständig erhalten sind wie hier, giebt es natürlich keine scharfe faunistische Grenze, und man kann sich nur nach dem allgemeinen Charakter der Fauna richten; und dann ist es nicht zweifelhaft, dass die hier besprochene Fauna in ihrem allgemeinen Charakter sich viel enger an die vorhergehende anschliesst als an die nachfolgende. Hierher wird ja auch die oberste Grenze für eine ganze Reihe wichtiger unter-silurischer Formen gesetzt.

Was die höchsten Schichten auf V. Svartö betrifft, so habe ich schon oben gesagt, dass ich sie als das unterste typische Obersilur betrachten muss. Die Korallen geben zu diesem Schluss keinen Anlass; sie sind nämlich direkt aus denen des Gastropodenkalkes herzuleiten. Sie zeugen jedoch auch nicht dagegen, indem sie entweder unverändert oder in nahe verwandten Formen sich höher hinauf fortsetzen. Die übrige Fauna ist gewiss sehr karg, nur drei Arten; alle drei sind aber ächt Obersilurisch und wichtige Leitfossilien. *Phacops elegans*, S. & B. ist ja überaus charakteristisch für die Etage 6 in Norwegen, ebenso *Pentamerus undatus*, Sow. speciell für den untersten Teil derselben. Wie ich im letzten Sommer gesehen habe, sind auch dieselben Formen von *Pentamerus*, *Phacops* und *Orthis* gerade für das unterste Obersilur in Estland, die Jördenschen Schichten, ebenso leitend wie bei uns.

Wir haben also gesehen, wie man auf Ringerike zwischen dem Trinucleusschiefer und dem untersten Teil des Obersilurs, Etage 6, aus faunistischen Gründen 3 Abteilungen unterscheiden kann, den Isoteluskalk, den Gastropodenkalk und eine weitere Abteilung, die, wie wir sehen werden, dem Kalksandstein bei Christiania entspricht. Für einen Korallenkalk ist dieser Name nicht passend; überhaupt lässt sich ein solcher, vom Charakter der Sedimente hergenommener Name wegen des überaus grossen Facieswechsels nicht anwenden. Ich werde sie deshalb nach einem wichtigen Leitfossil die *Meristella-crassa*-Schichten nennen. Von diesen 3 Abteilungen zeigen die zwei höheren enge Zusammenhörigkeit und können von einander nicht getrennt werden. Hier vorläufig Halt! Erst nachdem ich die entsprechenden Schichten an anderen Orten in unserem Silurgebiet verfolgt habe, werde ich auseinandersetzen, wie sich diese Einteilung mit der bisherigen vereinigen lässt.

2. Porsgrund—Skien.

Bei Porsgrund—Skien ist das Silur sehr ähnlich entwickelt wie auf Ringerike. T. Dahll hat im Jahre 1857 eine Uebersicht der Geologie dieser Gegend und eine Einteilung des Silurs geliefert.¹ Seine Arbeit war gewiss für ihre Zeit gut; da aber die Bestimmungen jetzt meistens vollständig veraltet sind, und auch nur wenige Fossilien aufgezählt werden, kann man seine Einteilung nicht zu einem feineren Vergleich benutzen. Später hat W. C. Brögger eine treffliche geologische Uebersicht gegeben und eine neue Einteilung des Cambriums und Silurs bis zum Gastropodenkalk durchgeführt,² die, obwohl als vorläufig bezeichnet, doch sehr glücklich und natürlich scheint. Was die höheren Schichten betrifft, so musste man sich noch auf T. Dahlls Arbeit stützen. Ich habe deshalb im letzten Sommer einige Profile daselbst untersucht und kann für die hier zu behandelnden Schichten Neues mitteilen.

Den Isoteluskalk und Gastropodenkalk, die nach Brögger vollständig mit den entsprechenden Abteilungen auf Ringerike übereinstimmen, habe ich hier nicht näher untersucht. Ich habe meine Aufmerksamkeit besonders auf diejenigen Schichten, die zwischen dem Gastropodenkalk und der typischen Etage 6 (Brögger) ihren Platz haben, gewandt. Für diese giebt Dahll an, dass über den Gastropodenkalk zuerst ein ca. 4 m. mächtiger, fossilieerer Kalksandstein (5b) kommt, und darnach ca. 6 m. krystallinischer Kalkstein (5c) mit *Orthis porcata* und *pecten*, *Leptaena sericea* und *Pentamerus laevis*. Hierauf folgen ca. 90 m. Kalksandstein (5d) in 6 Zoll bis 2 Fuss dicken Bänken, zwischen denen mitunter dünne Kalkplatten mit *Stroph. complanata* und *Pentamerus oblongus* vorkommen. Endlich kommen dünne Kalksandsteinschichten (5e), die mit Thonschiefer und Kalkplatten wechsellagern, in ca. 30 m. Mächtigkeit. Hierin sollen *Rhynch. diodonta*, *Phacops elegans*, *Atrypa reticularis*, *Orthis elegantula* und *testudinaria* vorkommen. Diese werden von der *Pentamerus estonus*-Zone überlagert. Ein Vergleich mit dem Silur auf Ringerike wäre ohne nähere Angaben sehr unsicher; jedenfalls müsste man sich mehr auf den Charakter der Sedimente als auf die angegebenen Leitfossilien stützen. Immerhin wäre die Abteilung 5c mit *Pentam. laevis* rätselhaft.

Dahlls 5c sollte nur bei Venstøb entblösst sein, und ich habe deshalb die nächste Umgebung dieses Bauernhofes, ca. 5 Klm. N. von

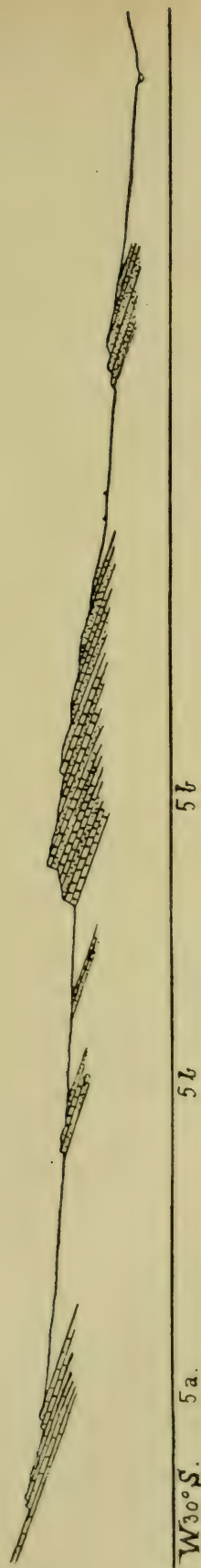
¹ T. Kjerulf u. T. Dahll, Ueber die Geologie des südlichen Norwegens.

² W. C. Brögger, Spaltenverwerfungen in der Gegend Langesund—Skien. Nyt Mag. f. Naturvidensk. Bd. 28, 1884.

Skien, einer 2 tägigen Untersuchung unterworfen. Die treppenartigen Profilinien der Landschaft sind hier noch deutlicher als auf Ringerike ausgesprochen. Die nicht gefalteten Schichten streichen ungefähr dem Thale parallel, ca. N. 25-30° W. — S. 25-30° O. und fallen 20-30° O. 30° N. Durch Erosion sind hier in das Hauptthal 3 kleinere Längsthäler eingeschnitten, von welchen wir das mittlere hier näher betrachten wollen. Auf dem Höhenrücken, der das Thal in S.W. begrenzt und aus Gastropodenkalk gebildet wird, liegen die zahlreichen Bauernhöfe Venstöp. Im N.O. erhebt sich eine Steilwand des oberen Teiles der Etage 6 und des *Pentamerus estonus* Niveaus. Der Thalboden ist gewöhnlich sehr verdeckt, besteht aber aus Kalksandsteinen, die hie und da in kleinen Gesteinsrücken emporragen. Quer über das Thal schneiden mehrere sehr deutliche Zerklüftungslinien, die meistens von Dislokationen begleitet sind. Die Uebereinstimmung mit dem Thale bei Vaker auf Ringerike ist somit fast vollständig. Vom nördlichsten Bauernhofe Venstöp habe ich einen Feldweg entlang ein verhältnismässig vollständiges Profil über das Thal bis zum mittleren Gehöft Tuftø abgegangen.

In S.W. sind Kalkschichten mit ächten Gastropodenkalkversteinerungen entblösst; nach 40 m. überdecktem Feld fand ich ganz niedrige Gesteinsrücken von Kalksandstein; zu unterst in dünnen Schichten *Ptychophyllum buceros* var. *estonica*, Dyb. in grosser Menge; gleich hierüber dieselbe Koralle mit *Orthis porcata*, M'Coy zusammen. Einige Schritte weiter dicke Bänke von hellgelbem, harten sandigen Kalk mit *Pt. buceros* var. *estonica*, Dyb., *Orthis* cf. *Loveni*, Lm.(?), *Strophomena expansa*, Sow. und *Meristella crassa*, Sow. (= *Pentam. laevis*, T. Dahll), das *Ptychophyllum* und die beiden letzteren Brachiopoden massenhaft. Darnach folgen dickbänkige, grünliche, etwas sandige Kalke, in welchen die genannte Hornkoralle ebenfalls reichlich vorhanden ist, hier jedoch in Gesellschaft grosser Crinoidenstielglieder und des *Pentamerus Münsteri*, nov. sp. Diese letzteren Schichten bilden einen kräftig aufragenden Gesteinsrücken. Weiter im N.O. jenseits des kleinen Pachthofes Næsplads trifft man nur dickbänkige, stellenweise dünner geschichtete, fossilere Kalksandsteine, bis man zum N.O.-Thalgehänge gelangt. Hier steht zu unterst die mittlere Abteilung der Etage 6, so wie sie auf Ringerike ausgebildet ist mit *Phacops elegans*, Sars & B., *Stroph. expansa*, Sow. und Massen von den kleinen Bryozoen an. Der Hof Tuftø selbst liegt auf den unteren Schichten von Bröggers Etage 7, der *Pentamerus estonus*-Zone. — Der Vergleich mit Ringerike wird nach diesen Funden im Profil Venstøb-Tuftø nicht schwierig. Das

Venstöp.



Næsplads.

Tufte.



6a

6b

6c. 7
0 30° N.

Fig. 7. Profil über das kleine Thal zwischen Venstöp und Tufte, im Maasstab 1 : 1000. 5 a, Der Gastropodenkalk. — 5 b, Oberer Teil von Et. 5. — 6 a, Kalksandstein, unterer Teil von Et. 6. — 6 b, mittlerer Teil von Et. 6. — 6 c, oberer Teil von Et. 6. — 7. Et. 7, die Pentamerus estonus-Zone (siehe Pag. 30).

fossilreiche Niveau gleich über dem Gastropodenkalk kann man mit Sicherheit mit dem Korallenkalk auf Svartö und Ullerntangen parallealisieren; denn es stimmt mit den Kalksandsteinbänken mitten in dieser Abteilung auf Ullerntangen fast vollständig überein (*Meristella crassa*, Sow. (= *Pent. laevis*, T. Dahll), *Orth. porcata*, M'Coy, *Ptych. estonica*, Dyb.). Auch der *Pentamerus Münsteri*, nov. sp. ist auf Svartö gefunden, leider nur in einem losen Block; der Gesteinscharakter aber und sein Platz bei Skien lassen mit Sicherheit schliessen, dass er aus diesem Niveau stammt. Der hierauf folgende mächtige Kalksandstein muss mit grösster Wahrscheinlichkeit als unterer Teil der Etage 6 betrachtet werden; er entspricht der Schichtenfolge bei Rolighed. Ich habe bei meinem immerhin flüchtigen Besuch leider keine Versteinerungen gefunden. Der obere Teil von 6 ist vollkommen wie auf Ringerike entwickelt. Untersuchungen, die ich südlich von Porsgrund beim Gunneklevfjord vorgenommen habe, bestätigten nur diese Auffassung; leider werden hier gegen O. die Silurschichten sehr bald so stark metamorphosirt, dass eine sichere Bestimmung der Versteinerungen gewöhnlich nicht möglich ist.

3. Die nächste Umgebung von Kristiania.

Auf den kleinen Inseln im inneren Teil des Kristianiafjords werden wir die entsprechenden Ablagerungen anders entwickelt finden. Der untere Teil der hier in Frage kommenden Schichten, nämlich das oberste Niveau von Kjerulfs Etage 4, ist von W. C. Brögger¹ näher studiert worden, der obere oder Kjerulfs Etage 5 ist noch ganz ungenügend bekannt. Selbst habe ich hier fast gar keine Studien gemacht; ich habe jedoch Gelegenheit gehabt, das in der mineralogischen Sammlung in Kristiania vorhandene Material aus der Etage 5, besonders die Korallen, zu untersuchen. Obwohl ich so eine einigermassen vollständige Beschreibung dieser Schichten bei Kristiania nicht geben kann, hoffe ich doch, dass die folgende Zusammenstellung im Vergleich mit dem vorhergehenden von einigem Interesse sein wird.

¹ W. C. Brögger, Geologisk kart over øerne ved Kristiania (N. Mag. f. Naturvidensk. Bd. XXXI, II).

Die Schichtenfolge ist nach Brögger:

4 d α. *Unterer Isoteluskalk*. 10—15 m. Knolliger Kalk und Schiefer mit:

Trinucleus sp.

Ampyx sp.

Remopleurides sp.

Calymene sp.

Cybele sp.

Lichas sp.

Chasmops cf. *Wesenbergensis*, F. Schm.

4 d β. *Schiefer mit Isotelus*. 3—9 m. Grünschwarze Schiefer mit einzelnen dünnen Kalksandsteinbänken. Schlecht erhaltene Graptolithen.

4 d γ. *Oberer Isoteluskalk*. 12—27 m. Dichtliegende knollige Kalkschichten mit spärlichen Schieferschichten. Einzelne Kalksandsteinbänke.

Trinucleus Wahlenbergi, Rouault.

Ampyx n. sp.

Cybele sp.

Remopleurides cf. *radians*, Barr.

Illænus sp.

Cyrtoceras sp.

Gomphoceras sp.

Diese 3 Stufen werden von Brögger dem Isoteluskalk auf Ringerike und bei Skien—Langesund gleichgestellt, der in diesen Gebieten direkt in den Gasteropodenkalk übergeht.

4 d δ. *Oberstes Chasmopsniveau*, 20—30 m. Zu unterst einige Meter dunkle Schiefer mit einzelnen dünnen Schichten von Kalksandstein, hierauf ein sandiger Kalkschiefer, der die Hauptmasse bildet, und zu oberst wieder Schiefer mit dünnen Kalksandsteinschichten. Die Fauna ist verhältnismässig reich, und die Stufe geht sowohl petrographisch als faunistisch in die folgende über.

Chasmops nov. sp. (Wahrscheinlich dieselbe wie im Gasteropodenkalk auf Vestre Svartö.)

Stygina latifrons, Portl.

Isotelus (?) nov. sp.

Trinucleus Wahlenbergi, Rouault.

Illænus Römeri, Volb.

Dalmanites mucronatus, Ang.

Murchisonia insignis, Eichw.

Maclurea neritoides, Eichw.

Trochus rupestris, Eichw.

Ambonychia sp.

Cyrtoceras cf. *Sphinx*, F. Schm.

Orthis porcata, M'Coy (?)

Strophomena rhomboidalis, Wilck.

Tentaculites annulatus, Schloth.¹ In den Uebergangsschichten
zum folgenden Niveau.

Echinospaerites sp.

Etage 5. Kalksandstein, Kjerulf.

Diese Stufe wird aus feinerem und gröberem Kalksandstein gebildet, stellenweise mit Konglomeratbänken, die Fauna ist nicht reich und bedarf dringend einer Revision. Folgende Formen, die ich sämtlich selbst zur Untersuchung gehabt habe, scheinen für diese Stufe sicher gestellt:

Ptychophyllum Craigense, M'Coy.

Ptychophyllum buceros, Eichw. und var. *estonica*, Dyb.

Ptychophyllum cf. *aggregatum*, Nich. & Eth.

Proheliolites dubius, F. Schm.

Plasmopora parvotabulata, nov. sp.

Halysites escharoides, Lam.

Favosites asper, d'Orb.

Monticulipora sp. Eine gezweigte Form.

Conularia cancellata, Sandb.

Orthis hybrida, Sow.

Orthis Loveni, Lm. auch im oberen Teil von 4 d δ.

Strophomena expansa, Sow.

Rhynchonella cuneata, Dalm. var.

Athyris Portlockiana, Dav. Auf der Grenze von 4 d δ.

Meristella angustifrons, M'Coy.

Meristella crassa, Sow.

Patella antiquissima, Markl.

Tryblidium unguis, Lm.

Dalmanites mucronatus, Brogn.

¹ Nicht die von Hisinger (Lethaea Suecica, Pag. 113) beschriebene Form, aber wahrscheinlich dieselbe, die Murchison in Sil. Syst. Tab. 19, Fig. 15—16 abgebildet hat. Sie ist besonders charakteristisch für die oberen Caradocschichten in England (= *T. anglicus*, Salt.).

Etage 6, Brögger (5 β , unterer Malmöschiefer, Kjerulf). Der untere Teil besteht aus fossilarmem, schwarzem Schiefer, zu unterst an einigen Stellen mit einer Schicht mit *Pentamerus undatus*, Sow. (Langåren, Asker), während der obere aus Schiefer und Kalkplatten bestehende Teil überaus fossilreich ist.

Die Grenze des Untersilurs nach oben ist hier, wie auf Ringerike, nicht schwierig zu ziehen. Die *Pentamerus undatus*-Zone orientiert hier gut. Obwohl im obersten Untersilur, wie wir auf Ringerike gesehen haben, viele neue Typen aufgetreten waren, war doch der allgemeine Faunencharakter noch untersilurisch; in *Etage 6* dagegen ist gerade das Entgegengesetzte der Fall, jedoch nicht in der Weise, dass keine Verbindung bestände; vielmehr sind viele Formen des obersten Untersilurs durch sehr nahestehende in 6 vertreten, einige gehen sogar unverändert über. Dies wurde speciell in der Korallenfauna konstatiert.

Ferner lässt sich das oberste Chasmopsniveau bei Kristiania leicht mit dem Gastropodenkalk parallelisieren. Folgende Versteinerungen sind für beide gemeinsam:

Chasmops nov. sp. Jedenfalls sehr nahestehende Form.

Stygina sp.

Iliaenus Römeri, Volb.

Cyrtoceras cf. *Sphinx*, Fr. Schm.

Murchisonia insignis, Eichw.

Maclurea neritoides, Eichw.

Trochus rupestris, Eichw.

Ambonychia sp.

Strophomena rhomboidalis, Wilck.

Atrypa imbricata, Dalm.

Orthis porcata, M'Coy (?)

Die Uebereinstimmung dieser Schichten wurde schon von W.C. Brögger hervorgehoben. Auffallend ist der totale Mangel an Korallen, wie überhaupt die verhältnismässige Armut der Fauna im Vergleich mit derjenigen des Gastropodenkalkes. Die Bildung hat sich offenbar in bedeutend seichterem Wasser oder einer abgeschlossenen Bucht abgelagert, was auch aus dem mehr sandhaltigen Sediment hervorgeht. Sehr merkwürdig ist, dass *Trinucleus Wahlenbergi*, Rou., der bei Kristiania sehr reichlich vorkommt, 20 Klm. davon, auf Ringerike, vollkommen fehlt; er tritt ja auf Frognö im Isoteluskalk auf, der in petrographischer Hinsicht mit dem Gastropodenkalk fast genau übereinstimmt.

Dasselbe ist mit *Dalmanites mucronatus* der Fall. Es ist jedoch nicht ausgeschlossen, dass beide Formen als Seltenheiten auf Ringerike sich finden werden.

Ueber diesem Niveau folgt sowohl hier als auf Ringerike ein Kalksandstein; während sich dieser aber in letzterer Gegend bald in eine Riffbildung umwandelt, bleibt die Facies bei Kristiania vollständig unverändert. Betrachtet man die Faunenliste, so wird man überrascht von dem anscheinenden Reichtum an Korallen, die genauer mit der Fauna des Gastropodenkalkes als mit derjenigen der Meristella crassa-Schichten auf Ringerike übereinstimmen. Die Arten, die diesen Charakter hervorbringen, nämlich *Plasmopora parvotabulata*, nov. sp. und *Syringophyllum organum*, Lin. kommen jedoch mit einigen anderen nur in dem erwähnten Conglomerat vor und sind mehr oder weniger abgerollt. In einer Grundmasse aus groben Quarzkörnern, die durch Kalk verkittet sind, liegen, mehr oder weniger dicht, schöne, gewöhnlich flache Gerölle und hie und da Korallen; die Gerölle bestehen fast alle aus einem dichten, sandhaltigen, grauen Kalk. Von grosser Wichtigkeit ist, dass Hr. Prof. Brögger auf der Insel Ormö ein aus Dasyporellenkalk bestehendes Geröll gefunden hat; hierdurch ist folglich konstatiert, dass in dieser Periode auch Schichten vom unteren Gastropodenkalk abradiert wurden. Es ist deshalb wahrscheinlich, dass mehrere der Korallen ebenfalls aus dem Gastropodenkalk ausgewaschen sind. Hiergegen könnte gewiss eingewendet werden, dass die den Gastropodenkalk bei Kristiania repräsentierenden Schichten überall unter dem Kalksandstein vorhanden sind und auch keine Korallen enthalten. Wie wir gleich sehen werden, ist jedoch typischer Gastropodenkalk an mehreren Stellen in der nächsten Umgebung von Kristiania konstatiert, und es ist nicht ausgeschlossen, dass solche Schichten durch eine negative Strandverschiebung abradiert worden sind.¹ Andere Korallen kommen aber in anderen Schichten des Kalksandsteins in solcher Erhaltung vor, dass wir mit Sicherheit annehmen können, dass sie hier gelebt haben; hierzu gehören *Ptychophyllum* cf. *aggregatum*, Nich. & Eth., *Pt. buceros*, Eichw. var. *estonica*, Dyb. und *Pt. Craigense*, M'Coy.

Die erste von diesen ist für die obersten dünner geschichteten Kalksandsteinbänke, in denen auch *Patella antiquissima*, Markl., *Orthis* sp.,

¹ Während des Druckes meiner Arbeit habe ich auf einer Exkursion nach Husbergö, wo zahlreiche Konglomeratbänke im Kalksandstein vorkommen, Gerölle gesehen, die diese Auffassung vollständig bestätigen; so fand ich sowohl ein Geröll aus Dasyporellenkalk als mehrere solche, in welchen Korallen und grosse Gastropoden eingeschlossen waren. Diese letzteren muss ich als Gastropodenkalkgerölle betrachten.

Rhynchonella cuneata, Dalm. und *Meristella crassa*, Sow. und *angustifrons*, M'Coy, besonders reichlich vorkommen, sehr charakteristisch. Die Korallen sind also in allen Fällen vollständig untersilurisch in ihrem Charakter. Die übrigen Tierordnungen sind nicht reichlich vorhanden und zeigen viele auf diese Facies beschränkte Formen. Für die Parallelisierung mit den entsprechenden Schichten anderswo in dem Kristiania-gebiet sind besonders *Strophomena expansa*, Sow. und *Meristella crassa* Sow. wichtig; wir haben ja gesehen, dass alle beide gerade für das über dem Gastropodenkalk folgende Niveau auf Ringerike und bei Skien leitend sind. Die Unterschiede in der Fauna lassen sich, glaube ich, leicht durch die verschiedene Faciesbildung erklären.

Die untersten Schichten, die Unterabteilungen 4 d α — 4 d γ , die von Brögger mit dem Isoteluskalk auf Ringerike verglichen werden, zeigen dieselben Eigentümlichkeiten wie für diese geschildert.

Wie schon gesagt, kommt das oberste Chasmopsniveau in der charakteristischen Gastropodenkalkfacies auch in der Nähe von Kristiania vor; so an mehreren Stellen bei Sandviken und in Asker.¹ Von diesen Lokalitäten kenne ich aus eigener Erfahrung nur flüchtig die erste. Auf der N.W.-Seite von Sandviksåsen am Enger See trifft man unter der Etage 6 eine mächtige Folge von dickbänkigen Kalkschiefern. Ich kann von hier folgende Fossilien anführen, die teils vor vielen Jahren von Herrn Prof. Kjerulf, teils in letzter Zeit von mir gesammelt sind:

Ptychophyllum buceros, Eichw. var. *estonica*, Dyb

Columnaria fascicula, Kut.

Proheliolites dubius, F. Schm.

Plasmopora conferta, Edw. & H.

Heliolites intricatus, var. *lamellosus*, Lm.

Favosites asper, d'Orb.

Halysites escharoides, Lam.

Discoceras antiquissimus, Eichw.

Grosse neue *Pentameride*, nahe *Stricklandinia*, dieselbe Form wie im oberen Niveau auf V. Svartö. Sie kommt hier sehr häufig und in riesigen Exemplaren vor.

Bronteus laticauda, Wahlenb.

Diese Fauna macht es wie auch die Schichtenfolge wahrscheinlich, dass diese Schichten sowohl dem Gastropodenkalk als den *Meristella crassa*-Schichten auf Ringerike entsprechen.

¹ Brögger, «Spaltenverwerfungen», Pag. 271.

Weiter kann ich anführen, dass im Universitätsmuseum von Kristiania ein Pygidium von *Bronteus laticauda*, Wahlenb. aus Asker sich befindet, leider ohne nähere Lokalitätsangabe; ferner in demselben Stück ein Exemplar von *Beyrichia* cf. *Marchica*, Krause. Das Niveau dürfte wohl mit dem Gastropodenkalk übereinstimmen. Aus Knatvoldsstrand, Hurum, liegt ein Stück typischer Dasyporellenkalk vor, das von Herrn Prof. Vogt gesammelt wurde.

4. Mjösen.

Die Untersuchungen sind hier sehr wenig vorgeschritten. Kjerulf¹ hat in seiner Arbeit, «Ueber die Geologie des südlichen Norwegens» (1857), eine Uebersicht des Silurs bei Mjösen gegeben und eine Parallelisierung der Schichten in den Hauptzügen durchgeführt. Natürlicherweise konnte er bei der Lösung einer so gewaltigen Aufgabe, wie er sie sich hier gestellt hat, nicht ins Detail gehen; dazu war auch das Silur anderswo im Kristianiagebiet zu wenig untersucht. Die Richtigkeit seines Vergleiches (und ich glaube, dass er so ziemlich das richtige getroffen hat) beruht deshalb mehr auf einer glücklichen Kombination als auf der Beweiskraft der gefundenen Versteinerungen; sie werden sehr spärlich aufgezählt. Kjerulf giebt an, dass das höchste Untersilur am Furuberg und auf Helgö aufgeschlossen ist, er beschreibt die Schichtenfolge und parallelisiert sie mit seiner Oskarhallgruppe, also seiner Etage 5 α, dem Kalksandstein, bei Kristiania.

Um einen genaueren Vergleich anstellen zu können, war jedoch das von Kjerulf Mitgeteilte viel zu wenig. Im letzten Sommer habe ich deshalb dort eine Untersuchung angefangen und obwohl ich nur ganz vorläufige Resultate geben kann, scheinen mir diese interessant genug, um hier kurz erwähnt zu werden. Die Schichten am Furuberg, ca. 3 Klm. N.W. von Hamar, sind in neuester Zeit durch den Bau der Eisenbahn nach dem Gudbrandsthal in einem prachtvollen Profil aufgeschlossen und auf Helgö sind dieselben bei Lodviken am Ufer leicht zu studieren; an beiden Stellen liegen die Schichten in einer schönen Mulde. 3 faunistisch verschiedene Niveaux können hier nach dem Vorgange von Kjerulf unterschieden werden:²

¹ Ueber die Geologie des südlichen Norwegens, Pag. 33—45.

² Die tiefer untersilurischen Niveaux im N.W. Mulden-Schenkel am Furuberg werden hier nicht mitgerechnet.

I. Eine mächtige Folge von Kalkplatten und Thonschiefer; oberst wird der Kalk mehr sandhaltig. Hier habe ich folgende Fossilien gefunden:

Monticulipora sp. Verzweigte Form, kommt in einzelnen Schichten in grosser Menge vor.

Platystrophia biforata, Schl.

Leptaena sericea, Sow. Massenhaft in einzelnen Schichten im oberen Teil.

Strophomena rhomboidalis, Wilck.

Strophomena deltoidea, var. *undata*, M'Coy.

Atrypa Headii, Bill. Nicht selten.

Rhynchonella borealis, Schl. var. nur in den obersten Schichten und auch da selten.

Camerella sp. Selten.

Coscinium proavum, F. Schm.

Bellerophon sp.

Murchisonia sp.

Orthoceras sp.

Beyrichia cf. *Marchica*, Krause. Besonders auf Helgö massenhaft.

Asaphus cf. *Powisii*, Murch.

Chasmops nov. sp. Diese Art steht derjenigen aus dem Gastropodenkalk auf Ringerike ausserordentlich nahe. Besonders im oberen Teil.

Chasmops sp. gehört der Gruppe der *Ch. bucculenta*.

Pterygometopus sp.

Harpes Wegelini, Ang.

II. Am Furuberg folgen hierüber dicke Bänke abwechselnd von hartem, feinem Kalksandstein und krystallinischem gewöhnlich dunklem Crinoidenkalk; hier und da finden sich dünner geschichtete Zonen. Besonders bezeichnend für diese Facies sind am Furuberg Kalkbänke erfüllt mit *Rhynchonella borealis*, Schl. var. und der eigentümlichen *Solenopora compacta*, var. *Peachii*, Nich. & Eth.¹ Im obersten Teil fand ich eine Kalkbank mit zahlreichen *Stromatoporen*. Weiter wurde gefunden:

Calopoccia sp. Selten.

Thecia sp. Selten.

Ptychophyllum sp. Sehr selten, nur Fragmente.

¹ Siehe besonders Nicholson & Etheridge. Geol. Mag. Dec. III Vol. II, 1885, Pag. 529.

Monticulipora sp. Verzweigte Form, sehr häufig.

Platystrophia biforata, Schl.

Orthisina Verneuili, Eichw. Allgemein.

Atrypa Headii, Bill. Nicht selten.

Coscinium proavum, F. Schm. Allgemein.

Auf Helgö, einer Insel von grosser landschaftlicher Schönheit zwischen Hamar und Gjövik, ist dies Niveau etwas anders entwickelt. Hier finden sich zwischen mehr dünngeschichteten reinen Kalken, sandhaltigem Kalk und einzelnen Schieferzonen mächtige Ablagerungen eines meist dunklen Crinoidenkalkes, der hier und da mit dichtem Kalk in verschiedenen Farben wechselt. Dieser Crinoidenkalk tritt gewöhnlich in dicken unregelmässigen Bänken auf, stellenweise ist er ganz ungeschichtet; so sieht man auf der S.-Seite der Mulde neben mehreren kleineren besonders eine mächtige, linsenförmige, ungeschichtete Kalk-einlagerung am Ufer entblösst; sie ist vollständig von Korallen gebildet, die sehr schön auf einander gewachsen sind. Ein besseres Beispiel eines fossilen Riffes in kleinerem Maasstabe habe ich nie gesehen. In diesem Niveau habe ich auf Helgö gefunden:

Stromatopora sp. Eine sehr eigentümliche Form, bildet ganze Riffe.

Halysites escharoides, Lm. Selten.

Calophyllum amalloides, Dyb. } Beide Formen kommen in
Calopoecia sp. } grossen Mengen vor.

Syringophyllum sp. Selten.

Thecia. Nicht häufig.

Ptychophyllum. Selten.

Monticulipora sp. Verzweigte Form, stellenweise massenhaft.

Solenopora compacta, var. *Peachii*, Nich. & Eth. Besonders im unteren Teil des krystallinischen Kalkes massenhaft.

Coscinium proavum, F. Schm. Häufig.

Dinobolus sp. Leider ist diese sehr grosse Form unbestimmbar, selten im oberen Teil.

Orthisina Verneuili, Eichw. Selten.

Strophomena expansa, Sow. Selten.

Strophomena grandis, Sow. Häufig.

Strophomena deltoidea, Conr. Häufig in den obersten Schichten.

Strophomena cf. *antiquata*, Sow. Häufig in den obersten Schichten.

Rhynchonella borealis, Schl. var. Selten.

III. Das oberste Niveau wird am Furuberg von einer sehr mächtigen Folge von dichten, seltener etwas krystallinischen harten Kalken, die gewöhnlich schwarzblau, auch hellgrau, rotbraun oder grünlich sind, gebildet. Fast der ganze, ca. 130 m. hohe Furuberg besteht aus diesen Schichten. Sie beherbergen eine sehr arme Fauna. In anstehendem Gestein habe ich nur *Atrypa reticularis*, var. *orbicularis*, Sow.¹ und *Solenopora* gefunden; diese sind aber in einzelnen Schichten zahlreich.

Ob diese Schichten auf Helgö vorkommen, weiss ich noch nicht. Höher hinauf ins Silur kommt man an diesen Stellen nicht. Weiter nördlich ist das Obersilur jedoch nach ganz neuen Untersuchungen des Herrn Staatsgeologen Björlykke in eigentümlicher Entwicklung vorhanden. Näheres hierüber wird man hoffentlich bald durch ihn erfahren.

Von diesen 3 Niveaux möchte ich das unterste mit dem Gastropodenkalk bzw. dem obersten Chasmopsniveau bei Kristiania, das mittlere vorläufig mit den Meristella crassa-Schichten parallelisieren. Das obere muss man vorläufig nach dem einzigen Brachiopoden zu urteilen als Obersilur ansehen; die *Atrypa*-Form ist nämlich in dieser Varietät nur aus Schottland in Llandovery bekannt. Ich muss aber gleich sagen, dass diese Parallelisierung nicht ohne Schwierigkeiten ist. Was Niveau I betrifft, so scheint mir der allgemeine Charakter der Fauna diese Deutung wahrscheinlich zu machen. Man kann es als ein oberstes Chasmopsniveau bezeichnen; die *Chasmops*, die hier so allgemein vorkommt, steht auch gewiss derjenigen des Gastropodenkalkes ausserordentlich nahe; scheint aber in gewissen Verhältnissen konstant von dieser abzuweichen; sehr merkwürdig ist das Vorkommen der Chasmopsform aus der Gruppe der *Ch. bucculenta*, Sjögr. und des *Pterygometopus*, die beide auf tiefere Niveaux deuten. Auf der anderen Seite sprechen Fossilien wie *Harpes Wegelini*, Ang., *Beyrichia* cf. *Marchica*, Krause und die Brachiopoden für ein ähnliches Niveau wie oben angenommen. Noch eigentümlicher sind die Riffkorallen im mittleren Teil. Obwohl die Sedimente in ihrem allgemeinen Charakter fast vollkommen mit denjenigen der Meristella crassa-Schichten auf Ringerike übereinstimmen, hat jedoch die Korallenfauna auf Helgö ein anderes Gepräge. *Ptychophyllum*, *Syringophyllum*, *Halysites* und *Thecia* sp., die beiden Gebieten gemeinsam sind, kommen nämlich selten vor. Die Riffe scheinen hier fast vollständig aus *Stromatopora* sp., *Calophyllum amaloides*, Dyb., *Calopocia* sp. und *Solenopora* aufgebaut zu sein, also fast ganz von Formen, die auf

¹ Kjerulfs *Atrypa dorsata*, His.; diese ist jedoch ganz anders gestaltet.

Ringerike nicht vorkommen. Auch hier sprechen dagegen die übrigen Fossilien für die gemachte Parallelisierung; sie geben mit Deutlichkeit eine Zwischenstellung zwischen Unter- und Ober-Silur an und kommen meistens auch auf Ringerike vor. Ich muss ferner hervorheben, dass *Caloph. amalloides*, Dyb. in Estland in F, also einem ähnlichen Niveau vorkommt.

Ich kenne nur diese zwei Stellen; wie weit diese Schichten in der hier geschilderten Entwicklung sich erstrecken, müssen fortgesetzte Untersuchungen bestimmen; ich kann nur anführen, dass einige von Herrn Prof. W. C. Brögger bei Einawand (zwischen Mjösen und Randsfjord) aufgesammelte Fossilien das oberste Chasmopsniveau auch dort mit Sicherheit erkennen lassen.

Soweit die vorläufigen Resultate meiner Untersuchungen; die Durchforschung des ganzen Untersilurs ist hier nötig um alle Schwierigkeiten zu überwinden. Ich hoffe in nächster Zukunft hierauf zurückkommen zu können.

Zusammenfassung.

Es ist durch diese Uebersicht bewiesen, dass die auf Ringerike durchgeführte Einteilung für das ganze Kristiania Silurgebiet gültig ist. Ich habe da 3 Unterabteilungen unterschieden, nämlich den Isoteluskalk, den Gastropodenkalk und die Meristella crassa Schichten. Als sehr charakteristisch für den Gastropodenkalk und seine Aequivalente hat sich also überall gezeigt, dass die typisch untersilurische Gattung *Chasmops* hier ihre oberste Grenze findet. Der von Brögger für die nächste Umgebung von Kristiania gebrauchte Name, das oberste Chasmopsniveau, scheint deshalb für diese Unterabteilung in ihren verschiedenen Facies sehr brauchbar. Die nächste höhere Unterabteilung habe ich oben die Meristella crassa-Schichten genannt, weil Kjerulfs alter Name für ihr Aequivalent bei Kristiania, den Kalksandstein, nicht zu brauchen war. Ich werde folglich in dieser Arbeit diese Niveaux als die *Isotelusschichten*, die *obersten Chasmopsschichten* und die *Crassaschichten* bezeichnen.

Wir haben ferner gesehen, dass meine Charakteristik der Faunen dieser Abteilungen auf Ringerike, nachdem wir dieselben auch an den anderen Stellen im Kristianiagebiet kennen gelernt haben, keiner Aenderung bedarf. Die untere schliesst sich den älteren Abteilungen eng an;

in den 2 oberen tritt eine wesentlich neue Fauna auf, die einen ausgesprochenen Uebergang vom Unter- zum Ober-Silur bildet. Es liegt in der Natur der Sache, dass durch diese allmähliche Aenderung die Crassa-Schichten in vielen Beziehungen sich dem Obersilur stärker nähern als dies mit den obersten Chasmopsschichten der Fall ist; auf der anderen Seite ist aber die enge Zusammengehörigkeit der beiden, wie oben auseinandergesetzt, so entschieden ausgesprochen, dass eine scharfe Trennung hier unmöglich wird. Ich muss alle beide zu einer grösseren *Uebergangsabteilung* zusammenfassen. Dies Resultat gerät in Kollision mit der bisher gebrauchten Einteilung; wie bekannt, hat man die Isotelusschichten und die obersten Chasmopsschichten als den obersten Teil (4 d) von Kjerulfs grosser Etage 4 bezeichnet. Diese Bezeichnung ist nicht länger brauchbar; sie würde meiner Ansicht nach nicht die richtige Vorstellung der Faunen hervorbringen. Ich schlage deshalb vor, die untere Grenze der Etage 5 tiefer zu legen, nämlich unter die obersten Chasmopsschichten und die zwei besprochenen Abteilungen folglich als 5 a und 5 b zu bezeichnen. Die erstere ist verhältnismässig gleichförmig entwickelt; die letztere dagegen variiert ausserordentlich; wie sonst nie im unseren Silur findet man hier eine Variation der Faciesbildung, die bewirkt, dass erst die Kombination der verschiedenen Facies zum richtigen Verständnis führt.

Auf den Sedimenten der obersten Chasmopsschichten liegt die oberste Abteilung des Untersilurs bald in Gestalt von reinen, dichten Kalken und Korallenriffbildungen mit ihrem reichen Sedimentwechsel, bald als sandhaltiger Kalk, bald endlich als typische Kalksandsteine mit feinen bis groben Quarzkörnern, stellenweise sogar mit echten Konglomeraten. Hierdurch wird eine grössere negative Strandverschiebung in dieser Zeit angedeutet. Es ist klar, dass in Folge dessen die Faunen an den verschiedenen Stellen wesentlich verschieden sein müssen, und ich habe gerade diese Verhältnisse bei der Parallelisierung in den Vordergrund gestellt. Ich will hier nicht die vielen interessanten Fragen, die sich hier erheben, über die genaueren Grenzen der Facies, die wahrscheinliche Lage der Ufer u. s. w., näher verfolgen. Hierzu sind viel eingehendere Studien, als mir bis jetzt vergönnt waren, nötig.

*Uebersicht der Entwicklung der Etage 5 in den
verschiedenen Gebieten.*

	Porsgrund— Skien.	Ringerike.	Kristiania.	Mjösen.
5 a. <i>Die obersten Chasmops- Schichten.</i>	Kalkplatten mit Schiefer. («Gastropo- denkalk».)	Kalkplatten mit Schiefer, nach oben sandhaltig. («Gastropo- denkalk».)	Sandhaltiger Kalkschiefer mit Kalk- sandstein- bänken.	Kalkplatten mit Schiefer, nach oben sandhaltig.
5 b. <i>Die Crassa- Schichten.</i>	Sandhaltiger Kalk mit Kalksand- steinbänken.	Feiner Kalk- sandstein in mächtigen Riffkalcken übergehend; diese jedoch nur lokal.	Grober und feiner Kalk- sandstein mit einzelnen Conglomerat- bänken.	Bänke von feinem Kalk- sandstein und krystallini- schem Kalk oder Riff- kalcke und Schiefer.

II.

Die Aequivalente der Etage 5.

1. Norwegen.

In den übrigen Gebieten des norwegischen Silurs ist eine Parallelisierung nicht möglich; dazu sind die Ablagerungen entweder zu stark metamorphisiert oder zu fossilarm und zu wenig untersucht. Das letztere gilt auch zum Teil von den Silurablagerungen bei Drontheim, deren Fauna von Brögger¹ studiert worden ist. Hier enthalten die Sandsteine mit Thonschiefer und Conglomeraten bei Espehoug eine Fauna, die wahrscheinlich derjenigen im unteren Teil der Etage 5 gleichzustellen ist. Die Formen, die Brögger beschreibt und abbildet, sind den Gastropodenkalkformen sehr ähnlich; die schlechte Erhaltung erlaubt aber keine genaue Identifizierung.

Ganz dasselbe muss von den Fossilien, die Reusch in seiner bekannten Arbeit über «Silurfossiler og pressede Konglomerater i Bergenskifrene»² von Valle beschrieben hat, gesagt werden. Die grossen Gastropoden, *Halysites escharoides*, Lam., *Ptychophyllum* und *Romingeria* sp.³ machen die Parallelisierung mit Etage 5, die Reusch gemacht hat, speciell mit ihrem unteren Teil wahrscheinlich.

2. Schweden.

Der Brachiopodenschiefer und seine nächsten Aequivalente.

Der typische Abschluss des schwedischen Untersilurs wird von dem Brachiopodenschiefer gebildet, der in Schonen⁴, Östergötland,⁵ Vester-

¹ Om Trondhjemfeltets midlere afdeling (Christ. Vid. Selsk. Forh. 1877, No. 2, Pag. 12).

² Universitetsprogram, 1882, Pag. 62.

³ Das von Reusch als *Cyathophyllum* bezeichnete Stück scheint mir ein *Ptychophyllum*, die als *Syringophyllum organum* betrachteten *Romingeria* sp. zu sein.

⁴ Linnarsson, Geol. Fören. Förh. Bd. II, 1875. Tullberg, Geol. Fören. Förh. Bd. V, 1880, und Sveriges Geol. Undersökn. Ser. C. No. 50, 1882.

⁵ Törnquist, K. Vet. Akad. Öfvers. 32, 1875.

götland¹ und Jemtland² entwickelt ist. Linnarsson unterschied in Vester-götland 3 Zonen, die auch in Schonen von Tullberg nachgewiesen wurden. Zu unterst liegt ein grüner oder grau und grün gefleckter Thonschiefer, der Staurocephalusschiefer, der noch viele Beziehungen zum Trinucleusschiefer zeigt. Da die norwegischen Isotelusschichten mit dem oberen Trinucleusschiefer in Schweden parallelisiert werden müssen, scheint es sich, dass man diese Zone mit den obersten Chasmopschichten vergleichen muss; sie muss als eine eigenthümliche Facies von diesen betrachtet werden.

Am nächsten steht sie der Entwicklung bei Kristiania, wo man einen sandigen, schiefrigen Kalk hat. In beiden kommen *Trinucleus Wahlenbergi*, Rou. und *Dalmanites mucronatus*, Brogn. vor. Fast vollkommen stimmt sie dagegen mit dem Staurocephalus Lmst. überein, der in England eine sehr constante Zone bildet. Jetzt folgt der eigentliche Brachiopodenschiefer, gewöhnlich hellgrauer, dickschiefriger Kalkschiefer, aber sehr variierend entwickelt, stellenweise sogar durch eine einige Fuss dicke Bank aus hartem Kalk vertreten. Im oberen Teil liegen gewöhnlich einige harte Kalkbänke, die massenhaft *Ptychophyllum Craigense*, M'Coy enthalten. Die Fauna stimmt ganz gut mit derjenigen der Crassaschichten überein. Folgende Formen sind gemeinsam:

Dalmanites mucronatus, Brogn.

Patella antiquissima, Markl.

Rhynchonella borealis, Schl.

Meristella crassa, Sow.

Pentamerus sp. Vielleicht eine ähnliche Form wie in Norwegen.

Conularia cancellata, Sandb.

Tentaculites sp.³

Plasmopora conferta, Edw. & H.

Ptychophyllum Craigense, M'Coy.

Von diesen müssen die Korallen und Brachiopoden als besonders bezeichnend hervorgehoben werden. Von grossem Interesse wäre es zu konstatieren, was der von Linnarsson besprochene *Pentamerus* sp. ist. Von Formen, die nicht in entsprechenden Schichten in Norwegen gefunden sind, verdient speciell *Atrypa reticularis*, Lin. var. genannt zu werden; jedoch ist hierauf nicht viel Wert zu legen, wenn diese Schichten wie in Norwegen den Uebergang zum Obersilur bilden. Es wird auch

¹ Linnarsson, K. Vet. Akad. Handl. 1869. — Lindström, List of fossil Faunas in Sweden, I, 1888.

² Wiman, Bull. of Geol. Inst. of Upsala, I, 1893.

³ Wahrscheinlich dieselbe Form.

nicht in der vorhandenen Literatur angegeben, ob diese Form im eigentlichen Brachiopodenschiefer oder in der höchsten Zone vorkommt. Diese letzte oder Linnarssons Acidaspisschiefer scheint mir keine eigentliche weiter entwickelte Fauna zu besitzen; sie ist besonders dadurch charakterisiert, dass *Climacograptus scalaris*, Lin. hierin vereinzelt vorkommt, und lässt sich hierdurch mit Tullbergs *Diplograptus*-Zone, Da, in Schonen vergleichen, die von diesem als das höchste Glied des Untersilurs angesehen wurde. Ich betrachte deshalb alle diese 3 Zonen als Aequivalente der Etage 5 im norwegischen Silur. Bei der obigen Besprechung wurde besonders die Entwicklung in Vestergötland und Schonen berücksichtigt. In Östergötland ist ächter Brachiopodenschiefer nur bei Borenhult gefunden; dieser ist dadurch interessant, dass *Rhynchonella borealis*, Schl. hier massenhaft auftritt, ungefähr wie in den entsprechenden Ablagerungen in Furuberg bei Mjösen.

An anderen Stellen ist anstatt des gewöhnlichen Brachiopodenschiefers eine Folge von knolligen, grauen Kalkschichten mit zwischenliegendem Schiefer und dichtem, dunklen Kalk gefunden, leider nur mit undeutlichen Fossilien. Diese Facies bildet wahrscheinlich den Uebergang zu dem hoch interessanten Vorkommen auf Öland, wo Holm,¹ und in neuester Zeit Andersson,² in losen Blöcken eine Fauna gefunden haben, die vollkommen mit derjenigen des norwegischen Gastropodenkalkes übereinstimmt, wie aus folgendem Fossilverzeichnis hervorgeht:

Halysites sp.

Plasmopora conferta, Edw. & H.

Proheliolites dubius, F. Schm.

Heliolites intricatus, var. *lamellosus*, Lm.

Ptychophyllum buceros, Eichw.

Orthisina sp.

Orthis biloba, Lin.

Leptaena Schmidtii, Tqu.

Camerella sp.

Athyris Portlockiana, Dav.

Ich muss hervorheben, dass nach Andersson auf Öland aller Wahrscheinlichkeit nach sowohl der schwarze als der rote Trinucleusschiefer repräsentiert ist, und dass die betreffenden «Kalke mit *Leptaena Schmidtii*» zwischen Öland und Gotland anstehen müssen. Nach der petrographischen Beschreibung von Andersson scheint es mir wahrscheinlich, dass

¹ K. Vet. Akad. Förh. Öfvers. 1882, Pag. 69.

² Ibidem, 1893, Pag. 321.

hier auch eine ähnliche Facies wie diejenige der Korallenkalk auf Ringerike entwickelt ist, obwohl dies faunistisch noch nicht sichergestellt werden kann. Andersson nimmt an, dass die ältesten fossilreichen, roten Mergelschiefer auf Gotland nicht sehr viel jünger sind, und das Vorkommen von *Syringophyllum organum*, Lin. in demselben deutet auch darauf hin.

Der Leptaenakalk. In Dalarne hat der Leptaenakalk¹ eine Fauna, die mit derjenigen unserer Etage 5, besonders auf Ringerike, die grösste Uebereinstimmung zeigt. Der Streit, der mit grosser Heftigkeit über die Stellung dieser eigenartigen Ablagerung geführt wurde, ist allgemein bekannt, und ich brauche nicht näher hierauf einzugehen. Die Erklärung Nathorsts hat meiner Ansicht nach die grösste Wahrscheinlichkeit für sich, indem er annimmt, dass der Leptaenakalk eine lokale Kalk-Facies, zum Teil Riffbildung ist, die an anderen Stellen von dem Klinkkalk repräsentiert wird. Die Schwierigkeiten sind deshalb mehr tektonischer Natur.² Die Verhältnisse in der Etage 5 in Norwegen mit ihrem starken Facieswechsel lassen diese Annahme durchaus berechtigt erscheinen, und in Wirklichkeit hat der Leptaenakalk auch in der Faciesentwicklung mit dem krystallinischen Korallenkalk auf Ringerike die grösste Aehnlichkeit.

Er entspricht faunistisch sowohl den obersten Chasmopsschichten als den Crassaschichten bei uns; obwohl eine Gliederung desselben noch nicht durchgeführt ist, scheint es doch nach Andeutungen von Törnquist und v. Schmalensee, dass wenigstens zwei Horizonte vorhanden sind. Nach dem Fossilienverzeichnis von Lindström³ hat er folgende Formen mit Etage 5 gemein:

**Calopoecia*.

Syringophyllum organum, Lin.

Ptychophyllum Craigense, M'Coy.

Halysites escharoides, Lam.

Plasmopora conferta, Edw. & H.

¹ Törnquist, Sver. Geol. Undersökn. No. 57, 1883, hier Literatur über die Frage. — Geol. Fören. Förh. Bd. VII, 1884. — Ibidem, 1892, Pag. 39 und 593.

v. Schmalensee. Geol. Fören. Förh. Bd. VII, 1884, Pag. 280. Bd. XIV, 1892, Pag. 497. Nathorst, Sveriges Geologi, 1894, Pag. 141.

² Törnquist schreibt in seiner letzten Arbeit über diese Frage: «Hvad nu min egen ställning til frågan om leptaenakalkens ålder vidkommer, så har den under de senare åren så til vida ändrats, att jag tillmäter den undersiluriska faunan i denna aflagring större betydelse än förr, och att jag anser ganska sannolikt, att de stratigrafiska förhållandena förr eller senare skola låta bringa sig i öfverensstämmelse med faunans öfvervägande karakter (G. För. Förh. Bd. XIV, Pag. 596).

³ List of fossil faunas of Sweden. I.

Heliolites intricatus, var. *lamellosus*, Lm.

Proheliolites dubius, Fr. Schm.

Coccoseris Ungerni, Eichw.

Discopora rhombifera, F. Schm.¹

Leptaena Schmidtii, Tqu.

Strophomena rhomboidalis, Wilck.

Strophomena corrugatella, Dav.

**Orthis concinna*, Lm.

Orthis calligramma, Dm.

Orthis biloba, Lin.

Orthis biforata, Schloth.

**Camerella rapa*, Lm.

**Athyris Portlockiana*, Dav.

**Dayia pentagonalis*, Reed.²

Meristella crassa, Sow.

Discina gibba, Lm.

Ambonychia pulchella, Lm.

Leperditia brachynota, Fr. Schm.

Bronteus laticauda, Wbg.

Illaenus Roemeri, Volb.

Illaenus Linnarssoni, Hm.

Harpes Wegelini, A.

Harpes costatus, A.

**Lichas brevilobatus*, Tqu.

Cybele brevicauda, A.

Encrinurus Sebachii, F. Schm.

Sphaerocoryphe granulata, A.

Wenn alle Ordnungen der norwegischen Fauna genauer studiert werden, bezweifle ich nicht, dass dieses Verzeichnis bedeutend vergrößert wird. So wie es ist, scheint mir die Uebereinstimmung gross genug, um mit Sicherheit beide Ablagerungen als äquivalente ansehen zu können. Von besonderer Bedeutung sind in dieser Beziehung mehrere specialisierte Formen, die anderswo im skandinavisch-baltischen Silur nicht vorkommen (die mit * bezeichneten). Die Fauna scheint mir so deutlich wie nur möglich den Charakter einer Uebergangsfaua vom Unter- zum Ober-Silur zu besitzen. Da ich später bei der Besprechung der englischen Äquivalente noch einmal zu der Leptaenakalkfauna zurückkomme, beschränke ich mich hier auf diese kurzen Bemerkungen.

² Nach v. Schmalensee i Geol. Fören. Förh. Bd. XIV, 1892.

¹ Nach Reed, Qu. J. Vol. 53, 1897, Pag. 74.

3. Estland.

Wie schon von F. Römer¹ und F. Schmidt² angedeutet und von Brögger³ ausführlich hervorgehoben worden ist, haben die Lyckholmer und Borkholmer Schichten (F) eine Fauna, die mit derjenigen des Gastropodenkalkes die grösste Uebereinstimmung zeigt. Es fragt sich nun, ob sie mit der ganzen Etage 5 zu parallelisieren sind oder nur mit dem unteren Teil derselben. Auf diese Frage giebt das folgende Verzeichnis Aufschluss; es ist hauptsächlich nach F. Schmidt's⁴ Angaben zusammengestellt, enthält aber mehrere neue Formen, die ich auf meiner Reise in Estland 1896 gesammelt, oder in dem reichen Provinzial-Museum in Reval gesehen habe.

	Estland.		Norwegen.	
	Die Lyckholm-Zone.	Die Borkholm-Zone.	Die obersten Chasmops-Schichten.	Die Crassa-Schichten.
<i>Dasyoporella</i> sp.		+	+	
<i>Astylospongia praemorsa</i> , Goldf. . .	+		+	
<i>Dictyonema</i> sp.	+		+	
<i>Stromatopora</i> sp.	+	+	+	+
<i>Favosites asper</i> , d'Orb.	+	+	+	+
<i>Halysites escharoides</i> , Lam.	+	+	+	+
<i>Halysites parallela</i> , F. Schm. . . .	+	+	+	
<i>Halysites undulata</i> nov. sp.	+	+	+	
<i>Proheliolites dubius</i> , F. Schm. . . .	+		+	+
<i>Plasmopora conferta</i> , Edw. & H. . .	+	+	+	+
<i>Plasmoporella convexotabulata</i> , nov. sp.	+		+	+
<i>Heliolites parvistella</i> , F. Röm. . . .	+	+	+	+
<i>Heliolites intricatus</i> , var. <i>lamellosus</i> , Lm.	+	+	+	
<i>Thecia</i> sp.	+		+	
<i>Coccoseris Ungerni</i> , Eichw.	+	+	+	+
<i>Syringophyllum organum</i> , Lin. . . .	+		+	
<i>Calophyllum amalloides</i> , Dyb. . . .		+		+
<i>Columnaria fascicula</i> , Kut.	+	+		+

¹ Z. d. d. g. Ges. 1859, Pag. 585. Sadewitzer Fauna, Pag. XV.

² Revision d. ostbalt. Trilobiten, Pag. 14.

³ Spaltenverwerf, Langesund—Skien, Pag. 270.

⁴ Revision d. ostbaltischen Trilobiten, Pag. 14 u. f.

	Estland.		Norwegen.	
	Die Lyckholm- Zone.	Die Borkholm- Zone.	Die obersten Chasmops- Schichten.	Die Crassa- Schichten.
<i>Ptychophyllum Craigenae</i> , M'Coy . . .	+		+	+
<i>Ptychophyllum buceros</i> , Eichw. . . .	+	+	+	+
<i>Ptychophyllum buceros</i> , var. <i>estonica</i> , Dyb.	+		+	+
<i>Pholidophyllum tubulus</i> , Dyb. . . .		+		+
<i>Coscinium proavus</i> , Eichw.		+	+	+
<i>Ptilodictya pennata</i> M'Coy	+	+		+
<i>Discopora rhombifera</i> , F. Schm. . . .		+	+	+
<i>Monotrypa</i> sp.	+		+	
<i>Solenopora compacta</i> , Bill.	+			+
<i>Crania</i> sp.		+		+
<i>Discina gibba</i> , Lm.		+	+	
<i>Orthis biforata</i> , Schl.	+	+	+	+
<i>Orthis porcata</i> , M'Coy	+		+	+
<i>Orthis calligramma</i> , var. <i>Sadewitzensis</i> , F. Röm.	+	+	+	
<i>Orthis concinna</i> , Lm.	+		+	
<i>Leptaena Schmidtii</i> , Tqu.	+	+	+	+
<i>Strophomena rhomboidalis</i> , Wilck. .		+	+	+
<i>Stroph. semipartita</i> , F. Röm.	+		+	
<i>Stroph. nov.</i> sp.	+		+	
<i>Stroph. expansa</i> , Sow.		+		+
<i>Stroph. cf. grandis</i> , Sow.	+		+	+
<i>Stroph. deltoidea</i> , Conr.	+		+	+
<i>Orthisina Verneulii</i> , Eichw.	+		+	+
<i>Atrypa marginalis</i> , Dalm.	+	+	+	+
<i>Dinobulus</i> sp.	+			+
<i>Tentaculites</i>	+		+	
<i>Ambonychia radiata</i> , Hall.	+	+	+	
<i>Pleurotomaria notabilis</i> , Eichw. . . .	+		+	
<i>Murchisonia insignis</i> , Eichw.	+		+	+
<i>Holopea ampullacea</i> , Eichw.	+		+	
<i>Maclurea neritoides</i> , Eichw.	+		+	
<i>Subulites gigas</i> , Eichw.	+		+	

	Estland.		Norwegen.	
	Die Lyckholm-Zone.	Die Borkholm-Zone.	Die obersten Chasmops-Schichten.	Die Crassa-Schichten.
<i>Trochus rupestris</i> , Eichw.	+		+	
<i>Tryblidium unguis</i> , Lm.		+		+
<i>Bellerophon bilobatus</i> , Sow.	+		+	
<i>Orthoceras clathrato-annulatum</i> , F. Röm.	+		+	
<i>Cyrtoceras Sphinx</i> , Schm.	+		+	+
<i>Discoceras antiquissimus</i> , Eichw.	+		+	+
<i>Primitia brachynota</i> , F. Schm.		+	+	+
<i>Cybele brevicauda</i> , Ang.	+		+	
<i>Encrinurus Seebachii</i> , F. Schm.	+		+	
<i>Harpes Wegelini</i> , Ang.	+		+	
<i>Iliaenus Römeri</i> , Volb.	+	+	+	
<i>Bronteus laticauda</i> , Wahl	+		+	
<i>Chasmops</i> sp. (<i>Ch. Eichvaldi</i> steht der Form in den obersten Chasmops-schichten nahe)	+		+	

Es kann nicht geleugnet werden, dass viele Aehnlichkeiten im gegenseitigen Verhältnis zwischen dem unteren und oberen Teil der Zone F in Estland und der Etage 5 in Norwegen bestehen. So bildet in beiden Gebieten der untere Teil ein oberstes Chasmopsniveau; im oberen Teil treten mehrere gemeinsame Formen meistens von mehr obersilurischem Gepräge auf, wie *Pholidophyllum tubulus*, Dyb., *Cyathophyllum* sp., *Calophyllum amalloides*, Dyb., *Strophomena expansa*, Sow. und *Tryblidium unguis*, Lm.; endlich finden wir eine lange Reihe von Formen, und zwar von sehr charakteristischen, die auf den unteren Teil beschränkt zu sein scheinen. Ich glaube deshalb, dass man berechtigt ist, die 2 Abteilungen in beiden Gebieten mit einander zu parallelisieren, und dass sie ungetähr gleichalterig sein können. Ich muss aber auf der anderen Seite hervorheben, dass 5 b in Norwegen unbedingt einen mehr vorge-schrittenen Charakter als F₂ hat. Dies zeigt sich am deutlichsten in der Brachiopodenfauna; die für 5 b so eigentümlichen Pentameriden und

Meristella fehlen ganz in Estland.¹ Ein ähnliches Verhältnis ist schon für die unteren Abteilungen bemerkbar. Da die äquivalenten Ablagerungen in Schweden in dieser Beziehung eine Zwischenstellung einnehmen, liegt der Schluss nahe, die Ursache hierzu in dem verschiedenen Abstand von einem gemeinsamen Verbreitungscentrum zu suchen, in diesem Fall von England, wie ich gleich ausführlicher auseinandersetzen werde. Dies ist also kein Grund, die ungefähre Gleichaltrigkeit beider Ablagerungen zu bezweifeln. Ueber die hier besprochenen Schichten folgt beiderseits, wie ich oben geschildert habe, ein sehr ähnliches Niveau, das man als die *Pentamerus undatus*-Zone bezeichnen kann.

4. England und Schottland.

Die Bala-Caradoc, womit vornämlich die Etage 5 in Norwegen verglichen werden muss, wurde in Grossbritannien unter sehr unruhigen Verhältnissen abgelagert. Nicht nur fanden besonders im älteren Teil an vielen Stellen grossartige Eruptionen statt, welche die Ablagerung fossilführender Sedimente abbrechen, sondern auch bedeutende Senkungen und Hebungen, und das vor Allem in dem Uebergang zum Obersilur, haben ihre unzweideutigsten Spuren hinterlassen. Wir haben bei der Besprechung der Uebergangsschichten vom Unter- zum Ober-Silur in Norwegen auch hier gefunden, dass ähnliche Vorgänge stattgefunden haben müssen, ja es scheint aus mehreren Gründen wahrscheinlich, dass das Gebiet wenigstens von Wales bis Drontheim als ein zusammengehöriges Ganzes in dieser Zeit Niveauschwankungen ausgesetzt war. Hierdurch erklärt sich die ausserordentlich rasche Aenderung in der Sedimentbildung sowohl in verticaler als in horizontaler Richtung, die für diese Abteilung des Silurs in den besprochenen Ländern so charakteristisch ist.

Es ist klar, dass alle diese Umstände die genaue Parallelisierung der Schichten in ausserordentlichem Grade erschweren, und es ist in der That sehr schwierig, selbst innerhalb England und Schottland einen sicheren Vergleich anzustellen. Ich habe in der beigefügten Tabelle versucht, die betreffenden Schichten so zu parallelisieren, wie es mir nach der entsprechenden Schichtenfolge in Norwegen und Schweden

¹ Es wird freilich eine *Stricklandinia* (?) für F_2 angegeben; wahrscheinlich dasselbe Stück, das ich im Museum in Reval gesehen habe; es stammt von Kirna (F_1), und es wäre eine Möglichkeit dafür, dass es eine Dorsalklappe von der neuen *Stricklandinia* ähnlichen Form ist. Da es nur Steinkern ist, schien mir aber selbst die Gattungsbestimmung sehr zweifelhaft.

am natürlichsten scheint. Diejenigen Punkte, in welchen diese Zusammenstellung von der gewöhnlichen Auffassung in England abweicht, werde ich gleich näher besprechen.

S. W. Schottland, ¹ (Girvan).	Lake District. ²		North Wales, ³ (Bala).	Shropshire, ⁴ (Caradoc).	South Wales, ⁵ (Haverfordwest).
Glenwells Graptolitic Mudstones a. Flags.	Skelgil Beds (oberer Teil).		Lower Birkhill (oberer Teil).	Lower Llandovery Sandstone.	Lower Llandovery Beds.
Mulloch Hill Group.	Base-ment Beds of Silurian.	Diplogr. acuminatus Zone (Unterer Teil von Skelgil Beds).	Gray Slates and Corwen Grit = Hirnant Lmst.	Conglomerat Beds.	Conglomerat Series.
Thraive Beds.	Ashgill Shales.			Trinucleus Shales.	Slade Beds. Redhill Beds.
Starfish Beds.	Staurocephalus Lmst.		Rhiwlas Lmst.		Shoeshook Lmst.
Drummuck Beds (unterer Teil). Barren Flagstones. Whitehouse Beds.	Sleddale Group.		Bala Lmst. and Shales.	Cheney Longville Flags.	Robeston Wathen Lmst.

¹ Lapworth, The Girvan Succession (Qu. J. 1882, Pag. 537)

² Harkness & Nicholson, Strata betw. Borrowdale Series a. Coniston flags (Qu. J. Vol. 33, 1877, Pag. 471). — Marr, On Lifezones in low. Part. of Silurian of Lake Dist. (Quart. J. Vol. 34, 1878, Pag. 871). — Marr & Nicholson, The Stockdale Shales (Qu. J. Vol. 44, 1888, Pag. 654). — Marr, The Coniston Lmst. Series (Geol. Mag. Dec. III, Vol. IX, 1892, Pag. 97). — Reed, Fauna of Keisley Lmst. (Qu. J. Vol. 53, 1897, Pag. 67).

³ Ruddy, Upper part of Cambrian a. Base of Silurian in N. Wales (Qu. J. Vol. 35, 1879, Pag. 200). — Marr, Cambrian a. Silurian Beds of Dee Valley (Qu. J. Vol. 36, 1880, Pag. 277). — Lake a. Groom, Llandovery a. assoc. Rocks of Neighb. of Corwen (Qu. J. Vol. 49, 1893, Pag. 426).

⁴ Marr & Roberts, Low. palaeoz. Rocks of Neighb. of Haverfordwest (Qu. J. Vol. 41, 1885, Pag. 476).

⁵ Murchison, Siluria (Ed. 4, 1867, Pag. 66).

Dazu natürlich auch: Woodward, Geology of England a. Wales, 1887. — Geikie, Geology, 1893.

Vergleicht man hiermit diejenigen Schichten des norwegischen Silur, die ich der Etage 5 zugerechnet habe, so fällt es sofort in die Augen, dass die obersten Chasmopsschichten in den Schichten der untersten Rubrik der Tabelle (Sleddale Group etc.) ihre unzweideutigsten Aequivalente haben. Es ist besonders im Lake District, wo diese Aehnlichkeit stark hervortritt. Die Fauna der Coniston Lmst. und noch mehr der gleichaltrigen Keisley Lmst. ist in dieser Hinsicht ausserordentlich interessant. Folgende Formen hat sie mit derjenigen der genannten Schichten in Norwegen gemeinsam:

- Favosites asper*, d'Orb.
Halysites (*catenularius*, Lin.¹).
Plasmopora sp.
Heliolites dubius, F. Schm.
Heliolites sp.²
Syringophyllum organum, Lin.
Ptychophyllum buceros, Eichw.
Lindströmia subduplicata, M'Coy.
Ptilodictya costellata, M'Coy.
Tentaculites.
Orthis biforata, Schl.
 calligramma, Dalm.
 " *porcata*, M'Coy.
 " *biloba*, Lin.
Strophomena rhomboidalis, Wilck.
 " *corrugata*, Dav.
Leptaena sericea, Sow.
 " *Schmidtii*, Törnq.
 " *quinquecostata*, M'Coy.
Atrypa marginalis, Dalm.
Dayia pentagonalis, Reed.
Hyatella Portlockiana, Dav.
Iliaenus Römeri, Volb.
Remopleurides cf. *Colbii*, Portl.
Sphaerocoryphe granulata, Ang.
Encrinurus Seebachii, F. Schm.

¹ Wahrscheinlich nicht der ächte *catenularius*, Lin.

² Verschiedene Plasmoporinen und Heliolitinen sind aufgeführt, auf deren Artsbestimmung kein grösseres Gewicht gelegt werden kann. Wahrscheinlich wird eine zukünftige genaue Untersuchung der Korallenfauna mehrere übereinstimmende Arten konstatieren.

Harpes Wegelini, Ang.

Chasmops cf. *Eichwaldi*, Schm.¹

Die Bedeutung dieser Formen wird dadurch erhöht, dass eine ganze Reihe nur in diesem Horizont vorkommt. Wie Reed² näher auseinandergesetzt hat, ist die Uebereinstimmung mit der Fauna des Leptaenakalkes noch grösser (29, zum Teil nur an diesen zwei Stellen vorkommende Arten); auch mit der F-Fauna in Estland ist grosse Aehnlichkeit vorhanden, obwohl die entsprechende Fauna in Norwegen mit dieser bedeutend mehr übereinstimmt. Von den übrigen Aequivalenten in Grossbritannien und Schottland ist Kildare Lmst.³ in Irland dem Keisley Lmst. vollkommen gleich, während die Robeston Wathen Lmst. bei Haverfordwest mit wesentlich Korallenfauna der Coniston Lmst. näher steht. Es kann jedoch nicht geleugnet werden, dass die Fauna dieser Zone in England viele Elemente besitzt, die im skandinavisch-baltischen Silur den genannten Schichten fremd sind, indem sie hier tiefer vorkommen. Von 33 Trilobiten in Sleddale Group kommen 6 in Schweden nicht höher als in Trinucleusschiefer vor.⁴ Dasselbe gilt für Sholeshook Lmst., die bei Haverfordwest über Robeston Wathen Lmst. folgt und teilweise mit Sleddale Group parallelisiert werden muss; dies wurde schon von Törnquist hervorgehoben.⁵

Diese Facta sind wichtig genug um die grösste Vorsicht bei der Parallelisierung anzuwenden, und es wird nötig, auch einen Vergleich mit den älteren Schichten anzustellen. Man begegnet hierbei aber sehr grossen Schwierigkeiten. Um die ungefähre Gleichaltrigkeit der Sedimente und nicht nur die faunistische Aequivalenz derselben feststellen zu können, sind die Graptolitenzonen von grösster Wichtigkeit. Ich will hier nicht die Frage über die Lebensweise dieser Tiere in ihrer vollen Breite aufnehmen, ich möchte nur diejenigen Gesichtspunkte besprechen, die für mich bestimmend gewesen sind. Wenn man die Ver-

¹ Die früher als *Phacops macroura*, Salt, bezeichnete Form. F. Schmidt (Qu. J. 1882, Pag. 524) und nach ihm Marr (Geol. Mag. Vol. IX, 1892) stellt sie der für F in Estland charakteristischen Form nahe. Sie scheint mir der norwegischen noch näher zu stehen.

² Q. J. Vol. 53.

³ Reynolds & Gardiner, Qu. J. Vol. 52, 1896, Pag. 587.

⁴ Marr, Geol. Mag. Vol. IX, 1892, Pag. 97 und List of fossil Faunas of Schweden. I: *Ampyx tetragonus*, Ang., *A. tumidus*, Forb., *Cybele Loveni*, Linnr., *C. verrucosa*, Dalm., *Trinucleus seticornis*, His., *Cheirurus clavifrons*, Dalm.

⁵ Marr & Roberts (Qu. J. Vol. 41, 1885), Törnquist (Geol. Fören. Förh. Bd. 11, 1889, Pag. 299): *Ampyx tumidus*, Forb., *Trinucl. seticornis*, His., *Remopl. radians*, Barr., *R. dorso-spinifer*, Portl., *Stygina latifrons*, Portl., *Cybele verrucosa*, Dalm., *C. Loveni*, Linnr.

breitung der Graptoliten im Verhältnis zu derjenigen der Litoralfaunen¹ betrachtet, fällt sofort ein grosser Unterschied ins Auge. Während die letzteren in den verschiedenen Silurgebieten oft eine ganz verschiedene Entwicklung durchgemacht haben, treten die Graptolitenzonen in fast vollkommen derselben Entwicklung überall auf.² Ebenso wichtig wie diese merkwürdig gleichmässige Entwicklung in weit entfernten Gebieten ist der rasche Wechsel ihrer Faunen. Nach diesen thatsächlichen Verhältnissen zu urteilen, müssten die Lebensbedingungen der Graptoliten solche gewesen sein, dass sie sowohl eine gleichmässige, weite Verbreitung in kurzer Zeit als eine rasche Entwicklung der Formen ermöglicht haben. Kein anderer marine Lebensbezirk als der pelagische scheint mir die richtigen Bedingungen hierfür zu besitzen. Für die abyssische Fauna ist auch eine weite und gleichmässige Verbreitung charakteristisch; aber für eine solche wäre ein rascher Wechsel der Formen und rasche Verbreitung derselben nicht möglich. Wenn man mit Wiman³ die einstigen Stationen der Graptoliten in tiefere Litoralregionen versetzt, gilt dasselbe auch teilweise gegen diese Anschauung; besonders lässt sich dadurch aber schwer erklären, weshalb die Verbreitung derselben so weit von den Litoralorganismen verschieden ist. Dass sie den seichteren Litoralregionen zugehört haben, ist, wie auch Wiman hervorhebt, noch undenkbarer. Wenn mir deshalb aus diesen Gründen die pelagische Lebensweise am wahrscheinlichsten erscheint, so kann ich keine wesentlichen Hindernisse hierfür in dem Bau der Tiere oder dem Charakter der Sedimente finden. Für die meisten Cladophoren ist es freilich natürlicher anzunehmen, dass sie den Meeresboden in grösserer Tiefe als Benthos bewohnt haben; sie zeigen auch demgemäss nicht dieselbe gleichmässige Verbreitung wie die Rhabdophoren (Hopkinson⁴). Von besonderer Wichtigkeit ist in dieser Beziehung die Entdeckung von Ruedemann;⁵ er hat nämlich bei einem

¹ Mit Litoral bezeichne ich hier mit Ortman sowohl die eigentlichen Strandablagerungen (Litoral von Walther u. anderen) als die Flachsee (Ortman, Grundzüge der marinen Tiergeographie, 1896).

² Dieselbe Betrachtungsweise hat Törnquist hervorgesetzt (Öfvers. V. Ak. Förh. 1878, P. 70 u. Geol. För. Förh. Bd. 11, 1889, Pag. 299). Im skandinavischen Silur, England und Schottland, Böhmen (nach Törnquist und englischen Forschern), den übrigen süd-europäischen Silurgebieten (Barrois) und auch in Amerika, wie neulich von Gurley nachgewiesen, sind die Graptolitenzonen überall dieselben. Gurley sagt hiervon: «The vertical range of the American species presents a complete parallel to the range in other countries. This parallel is not a general one only, but is exceedingly detailed, extending beyond the genera down to the species, which in each horizon correspond to those of the equivalent European horizon almost without exception». (North American Graptolites. II. Journ. of Geology, Vol. IV, 1896, Pag. 291).

³ Ueber die Graptoliten, Bull. of geolog. Inst. of Upsala, II, 1895, Pag. 306.

⁴ Hopkinson & Lapworth, Qu. J. Vol. 31, 1875, Pag. 672, Discussion.

⁵ Amer. Journ. of Science, Ser. III, Vol. 49, 1895, Pag. 453.

glücklichen Funde constatirt, dass die Diplograptiden coloniebildende Tiere waren und mit einer Schwimmglocke versehen waren. Wahrscheinlich hatten eine grosse Anzahl der ächten Graptoliten ähnliche Schwebvorrichtungen. Was die Graptolitengesteine selbst betrifft, so schliesse ich mich der Anschauung von Törnquist, Barrois¹ und anderer an, dass sie in einem verhältnismässig sehr tiefen Meere abgesetzt wurden, obwohl sie wohl nicht mit den tiefsten Sedimenten unserer heutigen Tiefsee verglichen werden können. Als ein wichtiger Grund gegen diese Auffassung ist hervorgehoben worden, dass sandige Schiefer, ja Quarzite mit Graptolitenschiefern an einigen Stellen wechsellagern. Wenn aber der äussere Rand der Continentalplatte an einigen Stellen nicht weit von einem Ufer gelegen war, wäre wohl damit auch die Möglichkeit für eine Wechsellagerung gegeben. Mit der Aufrechterhaltung der pelagischen Lebensweise lässt sich aber auch gut in Einklang bringen, dass ein grosser Teil der Graptolitenschiefer in den tiefsten Litoralgebieten zur Ablagerung gebracht ist; denn es wäre immerhin am wahrscheinlichsten, dass in diesen und den ächten Tiefseeablagerungen die pelagische Fauna hauptsächlich eingebettet wurde. Vergleiche zum Beispiel den recenten Pteropodenschlick.

Wenn ich in dieser Betrachtung Recht habe, scheint mir die Graptolitenzone in Wirklichkeit verhältnismässig homochrone Ablagerungen zu repräsentieren, und es wird durch das Auftreten der Graptoliten sowohl als Seltenheiten in Litoralablagerungen als das Verhältnis der Graptolitenzonen zu gleichzeitigen Litoralfacies eine Möglichkeit gegeben, die ungefähre Homochronie der Litoralfaunen in den verschiedenen Gebieten festzustellen.

Wenn man nach diesen Principien das jüngere englische und skandinavische Untersilur studiert, wird man ungefähr das in folgender Tabelle zum Ausdruck gebrachte Resultat erlangen.

Es mag sein, dass diese Zusammenstellung nicht in jeder Hinsicht das richtige getroffen hat; so viel scheint mir aber mit Sicherheit festgestellt werden zu können, dass die Fauna der Sleddale Group und ihrer Aequivalente in England in Wirklichkeit älter ist als die so übereinstimmende der obersten Chasmopsschichten in Norwegen. Bevor ich die Erklärung dieses merkwürdigen Verhältnisses versuche, möchte ich kurz die nächstfolgende Stufe besprechen. Ueber der Sleddale Group und ihren Aequivalenten in Grossbritannien folgt fast überall eine sehr gleichmässige Zone, die *Staurocephalus* Lmst., die eine vollkommene Uebereinstimmung mit dem *Staurocephalus*schiefer in Schweden zeigt.

¹ Ann. Soc. Géol. d. Nord. Vol. XX, 1892.

Diese Zone wurde von Marr¹ den noch jüngeren Schichten angeschlossen; wir haben aber in Skandinavien gesehen, dass hier alles dafür spricht, dass der Staurocephaluschiefer in Schweden mit den obersten Chasmopsschichten in Norwegen gleichaltrig war, und dass der Unterschied in der Faciesentwicklung begründet ist. Es scheint deshalb richtiger, auch in England diese Bildung nur als eine andere Facies der Sleddale Group anzusehen, und in Wirklichkeit sind an einzelnen Stellen z. B. bei Haverfordwest beide Faunen teilweise gemischt.²

Haverford- west (South Wales).	Lake District.	Schottland (central).	Schweden.		Norwegen.
			Schonen.	Vestergöt- land.	
Sholeshook Lmst.	Stauroce- phalus Lmst.	Zone d. <i>Dicellogr.</i> <i>anceps</i> .	D c.	Stauroce- phalus- schiefer.	Die obersten Chasmops- schichten.
	Sleddale Group.		D d.	Oberer roter Trinucleus- schiefer.	Die Isotelus- schichten.
Robeston Wathen Lmst.		Zone d. <i>Dicellogr.</i> <i>complanatus</i> .	D e. D f. D g. D h.	Unterer schwarzer Trinucleus- schiefer.	Die Trinucleus- abteilung.
Schwarzer Schiefer mit <i>Orthis ar- gentea</i> .		Zone d. <i>Pleurogr.</i> <i>linearis</i>	D i. D k. E a. E b.	Der Chasmops- kalk.	Die Chasmops- abteilung.
Dicranograp- tus Shales. <i>Dicranogr.</i> <i>ramosus</i> & <i>Climacogr. bi- cornis</i> .		Zone d. <i>Dicrano- graptus</i> <i>Clingani</i> .	E c. E d. E e.		

Im Anschluss an die Auseinandersetzungen von Marr³ und anderen über Migration verschiedener Faunen in der Silurzeit glaube ich, dass die einzige natürliche Erklärung hierfür in Verschiebungen der Faunen-gebiete zu suchen ist.

¹ Marr, Geol. Mag. Vol. IX, 1892, Pag. 97.

² Marr & Roberts, Qu. J. Vol. 41, 1885, Pag. 476.

³ Marr, Qu. J. Vol. 38, 1882, Pag. 323.

Der mittlere Teil des norwegischen Untersilurs schliesst sich der schwedisch-baltischen Entwicklung eng an, während in derselben Zeit die englischen Faunen keine nahen Beziehungen zu den östlichen Silurgebieten zeigen. Ob die Verbreitung der Tierformen in dieser Periode hauptsächlich von Osten nach Westen vor sich ging, ist wohl nicht sichergestellt, obwohl Marr verschiedene Belege für eine solche Auffassung beigebracht zu haben meint. So viel scheint jedenfalls sicher, dass die beiden Gebiete kein gemeinsames faunistisches Verbreitungsgebiet gebildet haben, obwohl in der Zeit des skandinavischen Trinucleusschiefers einige Formen nach England vorgedrungen waren und hier in einer ganz anderen Tiergesellschaft lebten als in ihrer ursprünglichen Heimat.

Mit dem Schluss des oberen Trinucleusschiefers in Schweden tritt hierin eine grosse Aenderung ein; jetzt folgt ein mächtiger Vorstoss der englischen Litoralfauna nach Osten, der nicht nur nach Norwegen und Schweden, sondern auch bis Estland verfolgt werden kann.

Der Beweis hierfür ist nicht schwierig zu bringen. Die folgende Tabelle über die Entstehung der Fauna in den obersten Chasmopschichten lässt es klar genug zum Vorschein kommen.

A. Arten, die in England sich früher vorfinden, besonders in Sleddale Group und ihren Aequivalenten, also von Westen eingewandert sind. Einzelne Formen, die in Amerika in Trenton vorkommen, sind auch hier mitgenommen.	B. Arten, die entweder schon im älteren norwegischen Silur oder in älteren Schichten sowohl in England als in Schweden vorkommen oder auch specielle Formen für diese Zone im skandinavisch-baltischen Silur sind, also in dieser Hinsicht indifferent sind.	C. Arten, die in Schweden oder Estland in tieferen Schichten vorkommen und nicht früher in Norwegen gefunden sind, deren Einwanderung also wahrscheinlich von Osten erfolgt ist.
<p><i>Korallen.</i> Die Korallenfauna der Sleddale Group ist noch nicht bearbeitet; ein Vergleich der Arten ist deshalb meistens nicht möglich.</p> <p><i>Halysites.</i></p> <p><i>Syringophyllum organum</i>, Lin.</p> <p><i>Proheliolites dubius</i>, F. Schm.</p> <p><i>Heliolites</i> sp. sp.</p>	<p><i>Favosites.</i></p> <p><i>Ptychophyllum Craigenae</i>, M'Coy.</p> <p><i>Ptychophyllum formosum</i>, Dyb.</p>	

A. Arten, die in England sich früher vorfinden, besonders in Sleddale Group und ihren Aequivalenten, also von Westen eingewandert sind. Einzelne Formen, die in Amerika in Trenton vorkommen, sind auch hier mitgenommen.	B. Arten, die entweder schon im älteren norwegischen Silur oder in älteren Schichten sowohl in England als in Schweden vorkommen oder auch specielle Formen für diese Zone im skandinavisch-baltischen Silur sind, also in dieser Hinsicht indifferent sind.	C. Arten, die in Schweden oder Estland in tieferen Schichten vorkommen und nicht früher in Norwegen gefunden sind, deren Einwanderung also wahrscheinlich von Osten erfolgt ist.
<p><i>Plasmopora</i> sp. sp. <i>Coccoseris</i> sp. <i>Lindströmia subduplicata</i>, M'Coy. <i>Ptychophyllum buceros</i>, Eichw.</p>		
Brachiopoden.		
<p><i>Orthis</i> n. sp. cf. <i>sinuata</i>, Hall. <i>Orthis subjugata</i>, Hall. <i>Orthis porcata</i>, M'Coy. <i>Orthis biloba</i>, Lin. <i>Leptaena Schmidti</i>, Tqu. <i>Strophomena deltoidea</i> var. <i>undata</i>, M'Coy. <i>Strophomena grandis</i>, Sow. <i>Strophomena corrugata</i>, Dav. <i>Atrypa marginalis</i>, Dalm. <i>Atrypa Headii</i>, Bill. <i>Dayia pentagonalis</i>, Reed. <i>Athyris Portlockiana</i>, Dav.</p>	<p><i>Discina gibba</i>, Lm. <i>Crania</i>. <i>Orthis calligramma</i>, Dalm. <i>Orthis concinna</i>, Lm. <i>Platystrophia biforata</i>, Schl. <i>Leptaena sericea</i>, Sow. <i>Leptaena 5 costata</i>, M'Coy. <i>Strophomena rhomboidalis</i>, Wilch. <i>Strophomena pseudo-deltoidea</i>, Stoll. <i>Strophomena semipartita</i>, F. Röm. <i>Strophomena</i> nov. sp. <i>Camerella rapa</i>, Lm. <i>Pentamerus</i> nov. sp.</p>	<p><i>Orthisina Verneulii</i>, Eichw.</p>
Trilobiten.		
<p><i>Remopleurides</i> cf. <i>Colbii</i>, Portl.</p>	<p><i>Stygina latifrons</i>, Portl.</p>	<p><i>Sphaerocoryphe granulata</i>, Ang.</p>

A. Arten, die in England sich früher vorfinden, besonders in Sleddale Group und ihren Aequivalenten, also von Westen eingewandert sind. Einzelne Formen, die in Amerika in Trenton vorkommen, sind auch hier mitgenommen.	B. Arten, die entweder schon im älteren norwegischen Silur oder in älteren Schichten sowohl in England als in Schweden vorkommen oder auch specielle Formen für diese Zone im skandinavisch-baltischen Silur sind, also in dieser Hinsicht indifferent sind.	C. Arten, die in Schweden oder Estland in tieferen Schichten vorkommen und nicht früher in Norwegen gefunden sind, deren Einwanderung also wahrscheinlich von Osten erfolgt ist.
<i>Chasmops</i> nov. sp. ¹ <i>Dalmanites mucronatus</i> , Ang. <i>Bronteus laticauda</i> , Wbg. <i>Harpes Wegelini</i> , Ang. <i>Harpes costatus</i> , Ang. <i>Asaphus</i> cf. <i>Powisii</i> , Murch.	<i>Stygina</i> cf. <i>Musheni</i> , Salt. ² <i>Lichas</i> cf. <i>brevilobatus</i> , Tqu. <i>Proetus</i> sp. <i>Trinnucleus Wahlenbergi</i> , Rouault. <i>Encrinurus Seebachii</i> , Schm. <i>Isotelus</i> nov. sp. <i>Illæenus Linnarssoni</i> , Holm.	<i>Illæenus Römeri</i> , Volb.

Es zeigt sich also, dass nur 3 Formen aus Osten gekommen sein können, während eine ganze Fülle, und wohl zu bemerken gerade diejenigen, die unsere Zone als den unteren Teil einer Uebergangsetage vom Unter- zum Ober-Silur charakterisieren, von Westen her eingewandert ist; dies wäre unter der Voraussetzung, dass der Coniston Lmst. und seine Aequivalente älter als die obersten Chasmopsschichten in Norwegen sind. Selbst wenn man mir dies nicht einräumen will, scheint mir die betreffende Fauna im skandinavisch-baltischen Silur augenscheinlich viel weniger Zusammenhang mit den älteren Faunen in diesem Gebiet als in England zu haben. Dies liegt besonders für die Korallen klar am Tage; ich verweise hier nur auf meine Bemerkungen über die älteren Korallenfaunen in England. Was die übrigen Formen betrifft, möchte ich nur hervorheben, dass *Bronteus* und *Encrinurus* schon in Craighead Lmst. und Shales und *Pentamerus* sp. in Balclatchie Beds gefunden sind. Dass man auch viele Formen vorfindet, welche die

¹ Diese scheint am meisten mit der Chasmopsform in Sleddale Group zu stimmen.

² Sowohl diese als *Lichas* sp., *Encrinurus Seebachii*, Schm. (cf. *multi segmentatus*, Portl.) und *Isotelus* nov. sp. stammen wahrscheinlich von Westen; dies lässt sich aber nicht mit voller Sicherheit bestimmen.

Fortsetzung der älteren Fauna im norwegischen Silur bilden oder als specialisierte Arten auftreten, kann nicht wundern. In Schweden ist die Fauna des Leptaenakalkes, den ich mit der Etage 5 in Norwegen parallelisiert habe, die Folge derselben Faunenverschiebung.¹ Ihre grosse Aehnlichkeit speciell mit Keisley Lmst. in Lake Distrikt wurde in neuester Zeit von Reed nachgewiesen (siehe Pag. 56).

Dasselbe gilt von der Fauna in den jüngsten untersilurischen Schichten auf Öland. Eine andere Facies derselben Zone in Schweden, der Staurocephalusschiefer, stimmt, wie früher gesagt, mit dem Staurocephalus Lmst. in England vollkommen überein. Ist nun diese Zone auch hier die ältere? Diese Frage ist schwer zu beantworten. Wenn man, wie oben auseinandergesetzt, die Staurocephalus-Schichten nur als eine eigentümliche Facies der Coniston Lmst. betrachtet, ist es wahrscheinlich genug, dass diese in England älter sind, als die übereinstimmenden Schichten in Schweden. Denkbar wäre es auch, da in England Sedimente dieser Facies erst am Schluss dieser Zeitperiode vorhanden sind, dass schon während der Ablagerungszeit des Staurocephalus Lmst. die Einwanderung der betreffenden Fauna nach Norwegen stattgefunden hatte. Dies spielt aber für meine Untersuchung keine grössere Rolle.

In Estland schliesst sich die F-Fauna so eng an die Fauna der genannten Schichten auf Öland, des Leptaenakalkes und der obersten Chasmopsschichten in Norwegen (Pag. 50) an, dass auch für sie dieselbe Deutung notwendig und natürlich erscheint. Bemerkenswert ist, dass die estnische Fauna in dieser Beziehung weniger als die der zwischenliegenden Gebiete von englischer Einwanderung beeinflusst war (siehe Pag. 53).

Diese meine Auffassung von der westlichen Entstehung der besprochenen Faunen im skandinavisch-baltischen Silur ist gerade entgegengesetzt derjenigen von Reed, der in neuester Zeit die Keisley Lmst. bearbeitet hat.²

Reed meint, dass die Keisley Lmst. Fauna mit Ausnahme in Kildare nirgends auf den britischen Inseln repräsentiert ist, und dass diese ganz fremdartige Fauna vom baltischen Silur in der mittleren Balazeit über Skandinavien, Nord-England bis nach Irland gewandert ist; aber nur auf

¹ Marr's Meinung, dass May Hill Formen eine Rolle hier spielen, kann nach neueren Untersuchungen nicht angenommen werden. Von solchen Formen nennt er: *Sphaerexochus angustifrons*, *Stricklandinia*, *Orthisina adscendens*, *Remopleurides*, *Meristella crassa* und *Leptaena 5-costata*. Die 2 ersten sind nicht in dem neuesten Verzeichnis über die Leptaenakalkfauna aufgeführt, während die übrigen in England schon in Caradoc vorkommen.

² Qu. J. Vol. 53, 1897, Pag. 103.

einzelnen, isolierten Stellen fand sie Lebensbedingungen, die für ihre Niederlassung günstig waren. In den zwischenliegenden Gebieten konnte sie sich nicht ansiedeln, und da sie auch auf den entfernten Stellen, wo sie günstigere Lebensbedingungen gefunden hatte, nicht lange blühte, starb sie bald aus, teilweise von der *Staurocephalus*-fauna verdrängt. Welche Gründe bringt denn Reed für diese Annahme? Dass die betreffende Fauna im skandinavisch-baltischen Silur früher auftritt als in England, hat er meiner Meinung nach nicht beweisen können. Denn das einzige, womit er eine solche Auffassung zu begründen sucht, ist der Umstand, dass 4 Arten, die in England nur in Keisley Lmst. gefunden sind, in Schweden früher auftreten, nämlich *Sphaerocoryphe granulata*, Ang., *Iliaenus Roemeri*, Volb. und *Leptaena Schmidtii*, Tqu. im Trinucleusschiefer und *Iliaenus fallax*, Hlm. im Chasmopskalk, und weiter dass einzelne Formen in Keisley Lmst. wie *Chelirurus Keisleyensis*, Reed und *Cyphaspis Nicholsoni*, Reed ihre nächsten Verwandten im schwedischen Trinucleusschiefer haben.

Geben nun diese Umstände den gewünschten Beweis? Ich meine nein. Denn keine derselben gehört zu denjenigen Formen, die dieser Fauna ihren eigentümlichen Charakter verleihen, ihren Charakter als Uebergangszonen vom Unter- zum Ober-Silur. Sie zeigen nur, dass Keisley Lmst. gerade dieselben Eigentümlichkeiten zeigt wie die übrigen englischen Ablagerungen dieser Zeit, nämlich dass eine kleine Reihe von Formen, die im schwedischen Trinucleusschiefer einheimisch sind, nach England vorgedrungen waren, wie ich schon oben angedeutet habe. Weiter scheint mir der für die übrige englische Fauna dieser Zeit angeblich so fremdartige Charakter der Keisley Fauna nicht gerade überzeugend. Reed stützt sich hauptsächlich auf die Crustaceen; von 38 Arten kommen 14 nur in Keisley und Kildare Lmst. vor, 12 im Leptaenakalk, von welchen jedoch 6 nur in diesem und Keisley gefunden sind, und endlich 12¹ in übrigen Balaablagerungen in England, von welchen 8 nicht im Leptaenakalk gefunden sind. Fast ebenso zahlreich sind die Brachiopoden; von 32 Arten kommen 11 im Leptaenakalk vor, wovon aber 4 ganz indifferent sind und nur 3 ausschliesslich in diesem und Keisley Lmst. gefunden sind; dagegen kommen 22 in übrigen Balaablagerungen in England vor und von diesem befinden sich 11 nicht im Leptaenakalk. Die Korallen kommen alle in anderen Balaablagerungen vor und meistens in viel älteren Schichten als in Skandinavien. Wenn ich dann zum Schluss bemerke, dass von den ca. 100 Arten in Keisley Lmst. 17

¹ Diese Zahl wird noch höher, wenn man die Formen von Kildare Lmst. zurechnet, indem hier *Trinucleus* und *Phacops* gefunden sind.

in unteren Bala-, 31 in mittleren Bala-Schichten¹, während von 113 Leptaenakalkformen nur 14 tiefer in Schweden vorkommen, scheint mir bewiesen, dass die Leptaenakalkfauna für das schwedische Silur fremdartiger als diejenige des Keisley Lmst. für das englische ist; der Unterschied zwischen diesen letzten scheint mir einfach durch Faciesunterschiede erklärt werden zu können.

Wenn ich aber Recht darin habe, dass die Sleddale Gruppe (hierin auch Keisley Lmst.) älter ist als der Leptaenakalk und seine Aequivalente im skandinavisch-baltischen Silur, bleibt dieser Umstand der wichtigste Beweis gegen Reeds Auffassung.

Wie Brögger² nachgewiesen hat, schliesst die Fauna der Isotelusschichten sich sehr eng an diejenigen des oberen schwedischen Trinucleusschiefers an. Eine Annäherung an England ist hier noch nicht vorhanden, jedenfalls ausserordentlich schwach. Das einzige, das in dieser Richtung gedeutet werden kann, ist das Vorkommen von *Isotelus gigas*, Dek.; diese Form tritt in Amerika in Trenton, in England im mittleren Caradoc, in Norwegen im Isoteluskalk (also ungefähr in derselben Zeit), und in Estland etwas später, in F, auf. Es steht aber dies ganz vereinzelt da. Diese Umstände sind auch ein wichtiger Grund dafür, dass ich die Isotelusschichten scharf von den höheren Abteilungen gesondert und die Grenze der Etage 4 und 5 zwischen die ersteren und die obersten Chasmopsschichten gelegt habe.

Wenden wir uns nun zur Parallelisierung der höheren Schichten, so begegnen uns grosse Schwierigkeiten durch die Abwechslung in der Faciesentwicklung, die sowohl in England wie in Norwegen diesen obersten Teil des Untersilurs charakterisiert.

In Shropshire und besonders in North Wales finden sich gleich sandhaltige Sedimente, sandige schiefrige Kalksteine, lose Kalksandsteine bis harte Quarzite. Hierher gehören Corwen Grit und der ungefähr gleichaltrige Hirnant Lmst.³ Lake und Groom betrachten diese Schichten als Llandovery, was jedoch nicht aus dem Fossilverzeichnis hervorgeht; von den 24 Arten in Corwen Grit sind nur *Rhynchonella Lewisii*, Dav. und *Meristella*, cf. *nitida*, Hall. nicht in englischen Balaablagerungen gefunden worden, während wenigstens 4 sonst nicht höher als in Bala aufsteigen. Auch nicht in den überliegenden Grey Slates hat die Fauna ein obersilurisches Gepräge. Ueber diesen folgen Graptolitschiefer und

¹ Reed stellt Keisley Lmst. in den oberen Teil von der mittleren Bala.

² Spaltenverwerfungen, Pag. 268.

³ Lake & Groom, Qu. J. Vol. 49, 1893, Pag. 440. Professor Hughes hält Corwen Grit und Hirnant Lmst. für identisch.

zwar die Gregariuszone, also die *obere* Zone von Lower Birkhill, und dies scheint auch der einzige plausible Grund zu sein, um die unterliegenden Schichten als Llandovery zu betrachten. Unterhalb der deutlichen Gregariuszone kommen allerdings in schwarzen Schiefern undeutliche Graptoliten vor; es ist deshalb möglich, dass hier auch die *Diplogr. vesiculosus*-Zone repräsentiert ist, so dass man nur die untere Zone von Lower Birkhill entweder mit Grey Slates oder Corwen Grit parallelisieren muss. Die *Acuminatus*-Zone scheint also einer Litoralfauna zu entsprechen, die noch fast vollkommen untersilurischen Charakter hat.

Obwohl die Fauna in dieser Litoralfacies in ihrem allgemeinen Charakter viele Ähnlichkeiten mit derjenigen des Kalksandsteins bei Kristiania zeigt, ist dennoch eine genaue Uebereinstimmung nicht vorhanden. Folgendes lässt sich anführen: Die für die norwegischen Ablagerungen so charakteristische *Meristella crassa*, Sow. kommt auch hier vor, ebenso wird ein *Pentamerus* angegeben, ungewiss welcher Art. Weiter kommen verzweigte Monticuliporen, *Orthisina* sp., *Strophomena grandis*, Sow. in beiden Ablagerungen vor.

In Schottland werden die oben besprochenen Starfish beds von weichen, blauen Mudstones überlagert, den sogenannten Thraive Beds. Diese beherbergen eine reiche Brachiopodenfauna, die Davidson¹ beschrieben hat. Von besonderem Interesse ist das Vorkommen von *Meristella angustifrons*, M'Coy, *Rhynchonella cuneata*, Dalm., *Orthis Mullochensis*, Dav. und *Strophomena grandis*, Sow., von welchen besonders die beiden ersteren für die obersten Schichten des Kalksandsteins bei Kristiania sehr bezeichnend sind. Sie kommen jedoch auch in den noch höheren Mulloch Hill Beds vor; es scheint mir wahrscheinlich, dass jedenfalls ein Teil von diesen und die Thraive Beds unseren Crassa-Schichten entsprechen.

Sowohl im Lake District als in S. Wales bei Haverfordwest begegnet uns erst eine Schieferzone, Ashgill Shales und Redhill und Slade Beds. Genaue faunistische Aequivalente für diese lassen sich wahrscheinlich wegen des Faciesunterschiedes bei uns nicht nachweisen; denn im Kristianiagebiet tritt nur an einer Stelle, nämlich auf Helgö, und hier nur untergeordnet, Schiefer auf. Die Fauna der genannten Schichten in England hat vollständig Bala-Charakter; sehr eigentümlich ist das Vorkommen von *Trinucleus seticornis*, His. bis in Slade Beds. Hervorgehoben verdient zu werden, dass der im Kalksandstein bei Kristiania nicht seltene *Dalmanites mucronatus*, Brong. in England auf beiden Stellen in

¹ British Brach. Vol. V. Suppl.

den Schiefern vorkommt. Ueber diesen folgen gewöhnlich Konglomerat-schichten mit sehr armer Fauna; eine deutliche Discordanz ist an mehreren Stellen constatirt, und dieser Umstand scheint der hauptsächliche Grund dazu zu sein, dass die englischen Geologen durchgehends diese Schichten als «Basement Beds of the Silurian» betrachten.

In Lake District werden folgende Fossilien angeführt:

Favosites sp.

Favosites (Monticulipora) fibrosus.

Iliaenus sp.

Cornulites sp.

Strophomena siluriana, Dav.

Meristella crassa, Sow.

Orthis sp.

Alle diese kommen in den unterliegenden Schichten vor; ja *Stroph. siluriana*, Dav. ist gerade für diese bezeichnend. Es ist somit nicht aus faunistischen Gründen, dass man diese Schichten von den älteren gesondert hat, und auch nicht die Discordanz scheint mir eine solche Anschauung zu rechtfertigen. Es scheint mir natürlicher sie beim Untersilur zu lassen, und ich betrachte deshalb sowohl diese Konglomeratstufe als die unterliegenden Schieferzonen als Aequivalente von dem oberen Teil unserer Etage 5.

Nicht überall im Lake District ist dieses Konglomerat vorhanden; an mehreren Stellen ruhen die Skelgill Beds vollständig concordant auf Ashgill Shales, und es ist deswegen auch hier möglich, dass die besprochene Konglomeratstufe der Diplogr. acuminatus-Zone entspricht; diese wird von Marr und Nicholson mit der Diplograptus-Zone (D a) von Tullberg parallelisiert, und da die Litoralfacies derselben aller Wahrscheinlichkeit nach untersilurisches Gepräge hat, scheint mir Tullberg vollkommen berechtigt zu sein, diese Zone als die höchste des Untersilurs zu betrachten. Es kann ja in Wirklichkeit nicht Wunder nehmen, dass Hochseefacies und Litoralfacies bei der feineren Einteilung der Ablagerungen verschiedene Resultate geben müssten.

5. Das mittlere und südliche Europa.

Da nirgends faunistisch übereinstimmende Ablagerungen vorhanden sind, kann ich mich hier kurz fassen und werde nur einen raschen Umblick werfen. In Böhmen ist ja seit lange nachgewiesen, dass

D₅ eine Fauna besitzt, die viele gemeinsame Formen mit dem oberen Trinucleusschiefer hat.

Faunistische Aequivalente unserer Etage 5 sind nicht nachweisbar.

In der übrigen südeuropäischen Litoralfauna macht sich in dieser Zeit ein starker Einfluss von englischem Silur merkbar; über Belgien¹ (schwarze Schiefer von Gembloux) kann man die Verbreitung einer sehr constanten Litoralfauna verfolgen, in S.O. nach den Karnischen Alpen² (Strophomenaschiefer des Uggwathales) und in S.W. nach Cabrières in Languedoc³ (Schiefer von Grand-Glanzy) und den Pyrenäen⁴ (Kalk mit Trinucleus und Cystideen von Montauban de Luchon) bis nach Barcelona⁵ (Grauwacke von Moncade). Die Fauna dieser Ablagerungen wird hauptsächlich aus Brachiopoden gebildet, wie *Strophomena expansa*, Sow., *St. grandis*, Sow., *Leptaena sericea*, Sow., *Orthis Actoniae*, Sow., *O. calligramma*, Dalm., *O. solaris*, L. v. B., *O. vespertilio*, *O. testudinaria*, Dalm., *O. alternata*, Sow., *Porambonites intercedens*, Pand. (?), Cystideen wie *Caryocystis Rouvillei*, v. Koen., *Sphaeronites stelliferus*, *Echinosphaerites balticus*, Trilobiten wie *Calymene incerta*, *Homalonotus Homalusii*, *Trinucleus seticornis*, Ang., *Illaenus Bowmanni*,⁶ Korallen wie *Striatopora* (Cabrières) und Graptoliten wie *Climacograptus styloideus* (Gembloux).

Es sind wesentlich die Brachiopoden und Cystoideen, die am constantesten vorkommen. Diese Formen kommen in England in dem unteren und mittleren Teil von Caradoc vor. Von der böhmischen Entwicklung ist diese Fauna weit verschieden. In Normandie und Bretagne kommen zur selben Zeit Sandsteine vor. Höher liegen viele Stellen Sandsteine und Schiefer mit Trinucleus oder auch gleich Graptolitenschiefer, die überall, mit Ausnahme von Languedoc (Lücke) und Normandie (Sandstein), die Llandoverybildungen repräsentieren. Frech meint, dass aus diesen Thatsachen hervorgeht, dass eine ununterbrochene Meeresbedeckung vorhanden war; «nur das nicht seltene Vorkommen von Konglomeratbänken in den Ostalpen weist auf die Nähe einer Küste, wahrscheinlich einer Insel hin».⁷

Obwohl die besprochene mittel- und südeuropäische Fauna faunistisch viele Beziehungen zu der Etage 5 zeigt (Brachiopoden und Cystideen),

¹ Barrois, Ann. Soc. Géol. Nord, XX, 1892.

² Stache, Z. d. d. g. Ges. XXXVI, 1884. — Frech, Z. d. d. g. Ges. 1887.

³ Frech, Z. d. d. g. Ges. 1887.

⁴ Barrois, Ann. Soc. Géol. Nord, XX, 1892.

⁵ Barrois, ibidem, XIX, 1891.

⁶ Trilobiten in den Schiefen von Gembloux.

⁷ Frech, Z. d. d. g. Ges. 1887.

muss man sie doch hauptsächlich wegen der vorkommenden Graptoliten, wahrscheinlich für bedeutend älter und als die homochronen Aequivalente unserer Etage die höherliegenden Trinucleusschichten und stellenweise vielleicht die untere Graptolitzone ansehen; diese bieten bei der Parallelisierung kein grösseres Interesse.

6. Aussereuropäische Silurgebiete.

Nordamerika. Die Zeit einer genauen Parallelisierung mit den amerikanischen Ablagerungen glaube ich ist noch nicht gekommen. Die mangelhaften Beschreibungen einer grossen Anzahl von Arten, die hier von besonderem Gewicht sind, würden einen solchen Versuch ausserordentlich hindern und sicherlich kein befriedigendes Resultat geben. Gewöhnlich wird ja die Cincinnati-Group mit der Bala-Gruppe in England gleichgestellt, und es wäre folgerichtig, die Aequivalente der Etage 5 auch in ihr zu suchen. Interessant ist die Thatsache, dass viele Formen in Amerika früher als in Europa auftreten. So finden wir dort Columnariaformen schon in der Chazy Group und in Trenton *Ptychophyllum*, *Columnaria* und *Halysites*. Auch im arktischen Nordamerika¹ finden wir einzelne unserer Formen wieder, so z. B. *Columnaria*, *Ptychophyllum* (*Strephodes*) und *Syringophyllum organum* Lin. (Cape Hilgard, 79° 41'). Man kann wohl deshalb ohne Schwierigkeiten annehmen, dass das europäische und amerikanische Silur über diesen arktischen Gebieten in Zusammenhang gestanden haben. Die gegenseitige Wechselwirkung in faunistischer Beziehung ist ja auch ohne diese Thatsachen gesichert.

Sibirien. Von der mittleren Tunguska hat Lindström² eine Korallenfauna beschrieben, die einige Formen enthält, welche auf ein unter-silurisches Niveau hindeuten, das ungefähr der Etage 5 gleichgestellt werden kann, nämlich:

Calopoecia cribriformis, Nich.

Plasmopora affinis, Bill.

Columnaria alveolata, Goldf.

¹ Etheridge, Qu. J. Vol. 34, Pag. 568.

² Bihang t. K. Svenska Vet. Akad. Handl. Bd. 6, No. 18, 1882.

Zusammenfassung.

Ich habe auf den vorhergehenden Seiten versucht, die Beziehungen der Fauna unserer Etage 5 zu den gleichaltrigen in den übrigen europäischen Silurgebieten zu beleuchten. Es hat sich gezeigt, dass man in England, Schweden und Estland sehr übereinstimmende Faunen vorfindet, die beweisen, dass alle diese Gebiete im obersten Untersilur vollkommen ein faunistisches Ganzes gebildet haben. Im skandinavisch-baltischen Silur tritt die Hauptmasse dieser Fauna nach unseren jetzigen Kenntnissen plötzlich fast ohne Verbindung mit den älteren Faunen auf; in England geschieht das viel weniger unvermittelt. Je näher im skandinavisch-baltischen Gebiet die betreffenden Ablagerungen England liegen, desto grösser wird die Anzahl dieser neuen Typen. Da ich endlich wichtige Belege dafür gefunden habe, dass die betreffende Fauna in England älter als im Osten ist, habe ich geschlossen, dass die Fauna von England nach Skandinavien eingewandert ist. Da das englische und skandinavisch-baltische Silur im mittleren Untersilur keine sehr intimen Beziehungen zeigen, geht es also hieraus hervor, dass jetzt eine grosse Aenderung in der Verbreitung der nordeuropäischen Litoral-Faunen eingetreten ist; hierin tritt später keine Veränderung ein; von jetzt ab steht die norwegische Silurfauna unter englischem Einfluss. Auf die möglichen Gründe für diese Faunenverschiebung will ich hier nicht näher eingehen. Dass Veränderung in den Küstenlinien die wahrscheinlichste Ursache ist, liegt am nächsten, und es kann dann wohl nicht bezweifelt werden, dass die Niveauveränderungen, die so verbreitet im obersten Untersilur in England und Norwegen auftreten, hiermit in innigster Beziehung stehen. Der Zusammenhang dieser Erscheinungen wird noch wahrscheinlicher durch den Umstand, dass später, wie bekannt, die ganze Strecke Wales—Schottland—Norwegen nach dem Abschluss der caledonischen Gebirgsbildung ein zusammenhängendes Ganzes bildete. Wir haben weiter gesehen, dass im böhmischen Silur keine Aequivalente unserer Etage 5-Fauna existieren, aber dass in den übrigen mittel- und südeuropäischen Silurgebieten eine Invasion von N.W., von England, sich weithin bemerkbar macht. Dies scheint aber nur vorübergehender Natur zu sein. Was hat aber dieses nördliche und südliche Gebiet geschieden? Wahrscheinlich war es, wie die Ablagerungen in Deutschland andeuten, ein tieferes Meer, das Graptolitenmeer, das für Litoralorganismen eine Barriere darstellt, den Hochseetieren dagegen gerade im Gegenteil die günstigsten Verbreitungsbedingungen vermittelt.

**Verzeichnis der Versteinerungen aus Etage 5
des norwegischen Silurs.**

	Ringerike.	Porsgrund— Skien.	Kristiania.	Mjøsen.
5 a. Die obersten Chasmopschichten.				
<i>Vermiporella</i> sp.	+			
<i>Nidulites</i> nov. sp.	+			
<i>Astylospongia praemorsa</i> , F. Röm.	+			
<i>Acestra subularis</i> , F. Röm.	+			
<i>Stromatopora</i> sp.	+			
<i>Dictyonema</i> sp.	+			
<i>Halysites escharoides</i> , Lam.	+			
<i>Halysites escharoides</i> , Lam. var. <i>Jacowickii</i> , F. d. Waldh.	+			
<i>Halysites escharoides</i> , Lam. nov. var. <i>undulata</i>	+			
<i>Halysites parallela</i> , F. Schm.	+			
<i>Favosites asper</i> , d'Orb.	+			
<i>Proheliolites dubius</i> , F. Schm.	+			
<i>Plasmopora primigenium</i> , nov. sp.	+			
<i>Plasmopora conferta</i> , Edw. & H.	+			
<i>Plasmopora parvotubulata</i> , nov. sp.	+			
<i>Plasmopora ramosa</i> , nov. sp.	+			
<i>Plasmoporella convexotabulata</i> , nov. gen. & sp.	+			
<i>Plasmoporella convexotabulata</i> , nov. var. <i>vesiculosa</i>	+			
<i>Heliolites intricatus</i> , Lm. var. <i>lamellosus</i> , Lm.	+			
<i>Coccoseris Ungerni</i> , Eichw.	+			
<i>Syringophyllum organum</i> , Lin.	+			
<i>Romingeria robusta</i> , nov. sp.	+			
<i>Ptychophyllum Craigense</i> , M'Coy.	+			
<i>Ptychophyllum buceros</i> , Eichw.	+			
<i>Ptychophyllum buceros</i> , Eichw. var. <i>estonica</i> , Dyb.	+			

	Ringerike.	Porsgrund— Skien.	Kristiania.	Mjøsen.
<i>Ptychophyllum formosum</i> , Dyb.	+			
<i>Lindströmia subduplicata</i> , M'Coy.	+			
<i>Echinospaerites</i> sp.			+	
<i>Monotrypa</i> sp.	+			
<i>Heterotrypa</i> sp.	+			
<i>Monticuliporide</i> , verzweigte Form				+
<i>Discopora rhombifera</i> , F. Schm.	+			
<i>Ptilodictya costellata</i> , M'Coy.	+			
<i>Ptilodictya</i> cf. <i>explanata</i> , M'Coy	+			
<i>Coscinium proavum</i> , F. Schm.				+
<i>Discina</i> cf. <i>gibba</i> , Lam.	+			
<i>Crania</i> sp.	+			
<i>Orthis</i> nov. sp.	+			
<i>Orthis</i> cf. <i>Mullochiensis</i> , Dav.	+			
<i>Orthis calligramma</i> , Dalm.	+			
<i>Orthis calligramma</i> , Dalm. var. <i>Scotica</i> , Dav.	+			
<i>Orthis Actoniae</i> , Sow.	+			
<i>Orthis porcata</i> , M'Coy	+		+	
<i>Orthis concinna</i> , Lm.	+			
<i>Orthis biloba</i> , Lin.	+			
<i>Platystrophia biforata</i> , Schl.	+			+
<i>Strophomena rhomboidalis</i> , Wilck.	+		+	+
<i>Strophomena deltoidea</i> , var. <i>undata</i> , M'Coy				+
<i>Strophomena pseudodeltidia</i> , Stoll.	+			
<i>Strophomena semipartita</i> , F. Röm.	+			
<i>Strophomena</i> nov. sp.				
<i>Strophomena</i> cf. <i>grandis</i> , Sow.	+			
<i>Strophomena corrugatella</i> , Dav.	+			
<i>Leptaena sericea</i> , Sow.	+			+
<i>Leptaena Schmidti</i> , Tqu.	+			
<i>Leptaena</i> cf. <i>5-costata</i> , M'Coy	+			
<i>Orthisina Verneuilii</i> , Eichw. var. <i>Wesenbergensis</i> , Pand.	+			
<i>Rhynchonella borealis</i> , Schl. var.				+ ¹

¹ Nur in den obersten Schichten.

	Ringerike	Porsgrund — Skien.	Kristiania.	Mjøsen.
<i>Camerella rapa</i> , Lam.	+			
<i>Camerella</i> sp.				+
<i>Pentamerus</i> cf. <i>rotundus</i> , Sow.	+			
<i>Atrypa</i> <i>Headii</i> , Bill.	+			+
<i>Atrypa</i> <i>marginalis</i> , Dalm.	+			
<i>Daya</i> <i>pentagonalis</i> , Reed.	+			
<i>Athyris</i> <i>Portlockiana</i> , Dav.	+			
<i>Tentaculites</i> <i>annulatus</i> , Schl.			+ ¹	
<i>Ambonychia</i> <i>pulchella</i> , Lm.	+			
<i>Ambonychia</i> <i>radiata</i> , Hall.	+		+ [?]	
<i>Pleurotomaria</i> <i>elliptica</i> , His.	+			
<i>Pleurotomaria</i> <i>notabilis</i> , Eichw.	+			
<i>Murchisonia</i> <i>insignis</i> , Eichw.	+		+	
<i>Murchisonia</i> sp.				+
<i>Bellerophon</i> cf. <i>bilobatus</i> , Sow.	+			
<i>Bellerophon</i> sp.	+			+ [?]
<i>Holopea</i> <i>ampullacea</i> , Eichw.	+			
<i>Trochus</i> cf. <i>rupestris</i> , Eichw.	+		+	
<i>Loxonema</i> sp.	+			
<i>Euomphalus</i> sp.	+			
<i>Maclurea</i> <i>neritoides</i> , Eichw.	+		+	
<i>Subulites</i> <i>gigas</i> , Eichw.	+			
<i>Endoceras</i> sp.	+			
<i>Orthoceras</i> <i>clathrato-annulatum</i> , F. Röm.	+			+ [?]
<i>Cyrtoceras</i> <i>sphinx</i> , F. Schm.	+			
<i>Cyrtoceras</i> sp.	+		+ [?]	
<i>Ascoceras</i> sp.	+			
<i>Discoceras</i> <i>antiquissimum</i> , Eichw.	+			
<i>Leperditia</i> <i>brachynota</i> , F. Schm.	+			
<i>Beyrichia</i> cf. <i>Marchica</i> , Krause				+
<i>Remopleurides</i> cf. <i>Colbii</i> , Portl.	+			
<i>Trinucleus</i> <i>Wahlenbergi</i> , Rouault			+	
<i>Isotelus</i> nov. sp.	+		+	
<i>Asaphus</i> cf. <i>Powisii</i> , Murch.				+
<i>Stygina</i> <i>latifrons</i> , Portl.	+		+	

¹ In den obersten Schichten.

	Ringerike.	Porsgrund— Skien.	Kristiania.	Mjøsen.
<i>Iliaenus Linnarssoni</i> , Holm.	+			
<i>Iliaenus Römeri</i> , Volb.	+		+	
<i>Pterygometopus</i> sp.				+
<i>Chasmops</i> nov. sp.	+		+	+
<i>Chasmops</i> sp.				+
<i>Dalmanites mucronatus</i> , Ang.			+	
<i>Bronteus laticauda</i> , Wahl.	+			
<i>Sphaerocoryphe</i> cf. <i>granulata</i> , Ang.	+			
<i>Encrinurus Seebachii</i> , F. Schm.	+			
<i>Cybele brevicauda</i> , Ang.	+			
<i>Lichas</i> cf. <i>brevilobatus</i> , Tqu.	+			
<i>Lichas</i> sp.	+			
<i>Proetus</i> sp.	+			
<i>Phaetonides</i> sp.	+			
<i>Harpes Wegelini</i> , Ang.	+			+
<i>Harpes costatus</i> , Ang.	+			

5 b. *Die Meristella crassa-*
Schichten.

<i>Stromatopora</i> sp.				+
<i>Halysites escharoides</i> , Lam.	+		+	+
<i>Halysites escharoides</i> , Lam. var. <i>Jacowickii</i> , F. d. Waldh.	+			
<i>Favosites asper</i> , d'Orb.	+		+	
<i>Favosites Hisingeri</i> , Edw. & H.	+			
<i>Nyctopora Undulata</i> , nov. sp.	+			
<i>Thecia</i> sp.	+			+
<i>Coccoseris Ungerni</i> , Eichw.	+			
<i>Proheliolites dubius</i> , F. Schm.			+	
<i>Proheliolites dubius</i> , F. Schm. Mutatio	+			
<i>Plasmopora conferta</i> , Edw. & H.	+			
<i>Plasmopora parvotabulata</i> , nov. sp.			+	
<i>Plasmopora conferta</i> , Edw. & H. Mutatio	+			
<i>Plasmoporella convexotabulata</i> , nov. sp.	+			
<i>Heliolites parvistella</i> , F. Röm.	+			
<i>Syringophyllum</i> sp.				+

	Ringerike.	Porsgrund— Skien	Kristiania.	Mjøsen.
<i>Calopoeia</i> cf. <i>Anticostiensis</i> , Bill.	+			+
<i>Syringopora</i> sp.	+			
<i>Romingeria robusta</i> , nov. sp.	+			
<i>Calophyllum amalloides</i> , Dyb.				+
<i>Ptychophyllum buceros</i> , Eichw.	+		+	
<i>Ptychophyllum buceros</i> , var. <i>Estonica</i> , Dyb.		+	+	
<i>Ptychophyllum Craigense</i> , M'Goy.	+		+	+
<i>Ptychophyllum aggregatum</i> , Nich. & Eth			+	
<i>Columnaria Kassariensis</i> , Dyb.	+			
<i>Columnaria fascicula</i> , Kut.	+			
<i>Columnaria fascicula</i> , Kut. nov. var. <i>columnellaris</i>	+			
<i>Pholidophyllum tubulus</i> , Dyb.	+			
<i>Pholidophyllum tubulus</i> , nov. var. <i>regularis</i>	+			
<i>Cyathophyllum</i> sp.	+			
<i>Chonophylloides rarotabulatus</i> , nov. gen. & sp.	+			
<i>Sphaeronites</i> sp.	+			
<i>Caryocrinus</i> sp.	+			
<i>Callopora</i> sp.	+			
<i>Monticulipora</i> , verzweigte Form			+	+
<i>Solenopora compactum</i> , Bill. var. <i>Peachii</i> , Nich. & Eth.				+
<i>Coscinium proavum</i> , F. Schm.	+			+
<i>Discopora rhombifera</i> , F. Schm.	+			
<i>Ptilodictia pinnata</i> , F. Röm.	+			
<i>Conularia cancellata</i> , Sandb.			+	
<i>Discina</i> sp.				
<i>Dinobulus</i> sp.				
<i>Orthis calligramma</i> , Dalm.	+			
<i>Orthis</i> cf. <i>Mullochiensis</i> , Dav.	+			
<i>Orthis hybrida</i> , Sow.			+	
<i>Orthis porcata</i> , M'Coy	+			
<i>Orthis Loveni</i> , Lam.		+	+	
<i>Platystrophia biforata</i> , Schl.	+			
<i>Strophomena rhomboidalis</i> , Wilck.	+			

	Ringerike.	Porsgrund— Skien.	Kristiania.	Mjøsen.
<i>Strophomena deltoidea</i> , Conr.				+
<i>Strophomena pseudodeltidia</i> , Stoll.	+			
<i>Strophomena</i> cf. <i>antiquata</i> , Sow.				+
<i>Strophomena expansa</i> , Sow.	+	+	+	+
<i>Strophomena grandis</i> , Sow.				+
<i>Leptaena sericea</i> , Sow.	+			
<i>Leptaena Schmidti</i> , Tqu,	+			
<i>Orthisina Verneuli</i> , Eichw.	+			+
<i>Rhynchonella borealis</i> , Schl. var.	+			+
<i>Rhynchonella cuneata</i> , Dalm. var.			+	
<i>Pentameride</i> , nov. gen. & sp.	+		+	
<i>Pentamerus Münsteri</i> , nov. sp.	+	+		
<i>Atrypa Headii</i> , Bill.				+
<i>Atrypa marginalis</i> , Dalm.	+			
<i>Athyris Portlockiana</i> , Dav.			+	
<i>Meristella angustifrons</i> , M'Coy.			+	
<i>Meristella crassa</i> , Sow.	+	+	+	
<i>Patella antiquissima</i> , Markl.			+	
<i>Tryblidium unguis</i> , Lam.			+	
<i>Murchisonia</i> cf. <i>insignis</i> , Eichw.	+			
<i>Orthoceras</i> sp.	+			
<i>Cyrtoceras</i> sp.	+			
<i>Discoceras</i> sp.	+			
<i>Leperditia brachynota</i> , F. Schm.	+			
<i>Illaenus Linnarssoni</i> , Holm.	+			
<i>Dalmanites mucronatus</i> , Brong.			+	

Ciculærbevægelsen

som dyrisk grundbevægelse, dens aarsag,

fænomenalitet og betydning

af

F. O. Guldberg,

direktor for abnormskolevæsenet i Norge

Med 17 tegninger

LIBRARY
NEW YORK
BOTANICAL
GARDEN

Videnskabselskabets Skrifter. I. Mathematisk-naturv. Klasse. 1897. No. 4

Udgivet for Fridtjof Nansens fond

Kristiania .

I kommission hos Jacob Dybwad

A. W. Brøgers bogtrykkeri

1897

Afhandlingen er fremlagt i Videnskabselskabets fællesmøde den 26de marts 1897
af G. A. Guldberg.

I.

Indledning.

Vaaren 1888 forelagde jeg min broder, dr. G. A. Guldberg, dengang professor ved det Karolinska Institutet i Stockholm, et arbejde, der — om end i et mindre omfang og i en løsere form — dog i alt væsentligt indeholdt, hvad jeg her fremlægger for offentligheden.

Grunden, hvorfor jeg ikke allerede dengang offentliggjorde mine undersøgelser, var væsentlig den, at jeg ønskede at kunne ledsage arbejdet med en større række af beviser, end det dengang lod sig gøre. Særlig ønskede jeg at kunne støtte arbejdet til et større og sikrere fysiologisk og anatomisk bevismateriale, hvorfor jeg henvendte mig til min ovennævnte broder med anmodning om at være mig behjælpelig med tilvejebringelsen af det nødvendige bevismateriale, særlig i anatomisk retning, og med fuld forstaaelse af opgavens betydning og rækkevidde tiltraadte derefter professor G. A. Guldberg som min medarbejder ved opgavens løsning

De nærmest paafølgende aar blev imidlertid saavel for min medarbejder som for mig saa sterkt optaget af uopsættigt arbejde i vore embedsstillinger, at det først nu — efter flere aars forløb — har lykkedes os at fremlægge vort arbejde i en saadan form og med et saa tilstrækkeligt bevismateriale, at vi tør nære haab om, at den videnskabelige verden vil optage det til diskussion.

Inden jeg gaar over til den foreliggende opgave, maa det ogsaa være mig tilladt at bemærke, at saavel min medarbejder som nærværende forfatter haaber senere i særarbejder at kunne offentliggjøre selve det detaljerede bevismateriale, nemlig de rækker af fysiologiske eksperimenter og anatomiske undersøgelser, hvorpaa vi støtter det nu

offentliggjorte resultat, og til disse senere arbejder maa det derfor være os tilladt at henvise, forsaavidt selve bevismaterialets videnskabelige realitet angaar.

For nærværende kan bevisrækken, der først i en kontinuerlig typisk udviklingslinje tør siges at være fuldt færdig og videnskabelig afsluttet, kun fremlægges *exempløvis*, og sandsynligheden af min løsnings rigtighed eller den antagne naturløvs beviskraft maa derfor finde sin væsentlige støtte i lovens tresidige fysiognomi, dens fysiologiske, morfologiske og biologiske fænomenalitet og i dens exakte karakter.

Jeg gaar hermed over til at fremlægge mine undersøgelser og vil i min udvikling følge den vej, ad hvilken jeg selv har naaet frem til opgavens løsning.

II.

De instinktive fænomener, der har ført til de foreliggende undersøgelser.

Det har vistnok for de fleste, der færdes i skov og mark med aabent øje for dyrenes liv, været paafaldende, hvor let dyr, der tilhører samme familie eller selskab, har for at finde hverandre igjen, efter frivillig eller ufrivillig at være bleven skilte, ja selv nylig fødte eller klækkede unger, der ikke vel kan antages at have nogen udviklet stedsans eller noget lokalkjendskab, og som heller ikke kan antages endnu at være i besiddelse af sine sansers fulde brug, gjenfinder — som det synes — sine forældre og sine søskende eller kammerater med den største lethed, selv om de har været skilte en længere tid og ved en større afstand, end deres sansers evne strækker for at bringe dem i direkte rapport til hinanden indbyrdes.

Ved saadanne lejligheder, hvor sansernes direkte korrespondance synes afbrudt, eller naar yngelen endnu er liden og uudviklet og altsaa kun kan tænkes at have et minimum af livserfaring, synes samlingen eller mødet efter adskillelsen at opnaaes derved, at de adskilte samles eller mødes paa eller ved skillestedet.

Saaledes har man baade hos pattedyrene og hos fuglene talrige eksempler paa, at en moder, der er bleven skilt fra sin unge, indfinder

sig paa eller ganske i nærheden af det sted, hvor ungen kom hende afsyne eller udenfor sansernes rækkevidde, ligesom man har en række erfaringer for, at en kalv eller en kylling af de jagtbare vildtarter blandt drovtyggerne og hønsefuglene, naar den er bleven skilt fra sin moder, stadig vender tilbage til det sted, hvor forældre og yngel skiltes, eller hvor deres sanser sidst korresponderede.

Dette er saaledes, baade ifølge tidligere offentliggjorte skildringer fra jagtlivet og efter de mig i sagens interesse tilstillede meddelelser fra fremstaaende jægere i vort land, tilfældet baade hos elgen og renen, storfuglen og aarfuglen.

Det er ogsaa en bekjendt sag, at hunde, der taber sin herre afsyne eller forvilder sig i gader eller paa steder, hvor de ikke ved sansernes hjælp kan gjenfinde ham, vender tilbage til det sted, hvor de tabte ham afsyne eller sidst ad andre sansers vej var forvissat om, at de var i hans nærhed, og de venter ofte timevis paa dette sted, tilsyneladende forvissat om, at han atter maa indfinde sig her. Saavel hvalper som ældre hunde holder fast ved denne maade at gjenfinde sin herre paa, indtil de ad erindringens og slutningens vej søger at træffe den tabte herre i hjemmet eller et andet sted, hvor de har været vant til at se ham eller færdes sammen med ham.

Af de anførte iagttagelser og undersøgelser vil det fremgaa, at der hos en række dyr blandt de tvende højest stillede vertebratklasser hersker en bestemt sedvane, instinkt eller hvad man vil kalde det, som de følger og adlyder under de ovennævnte livsforhold, og som kan udtrykkes saaledes:

Dyrene søger og gjenfinder sine unger eller kammerater, naar de er bleven skilte fra dem udover sansernes rækkevidde, ved at vende tilbage til det sted, hvor adskillelsen foregik.

Som allerede nævnt var det ikke alene forældrene eller moderdyret, som vendte tilbage til det sted, hvor skilsmissen mellem forældrene og yngel fandt sted; men yngelen selv vendte ligesaa sikkert tilbage til samme sted eller kom i hvert fald saa nær stedet, at moderdyrets lokketoner eller sanser kunde naa det.

Inden jeg gaar over til nærmere at omtale karakteren af denne yngelens optræden og ejendommeligheden ved den bevægelse, som yngelen udfører for at kunne møde eller saa at den moder det voksne moderdyr, vil jeg først stille de tvende foretelser, moderdyrets og yngelens optræden og bevægelse, op imod hinanden for ved sammenstillingen (konfrontationen) at faa idagelagt, hvorvidt bevægelsen hos moderdyret og yngelen er af samme art eller ej.

Det vil vistnok medgives, at der eksisterer et forhold mellem moderdyret og yngelen under deres optræden for at gjenfinde hverandre, og naar i de anførte dyregrupper det samme biologiske fænomen: at dyrene gjenfinder hverandre ved at møde frem paa det sted, hvor de skiltes, uden undtagelse gjentager sig i en uendelig række, maatte det ligge nær at slutte, at der mellem de nævnte to interesserede parter optræden finder et vekselforhold sted, der bundet i aarsag og virkning.

For et overfladisk blik kunde det maaske synes naturligt, at det omtalte biologiske fænomen maatte være at henhøre til en slags aftale mellem dyrene indbyrdes; men den pludselige adskillelse mellem begge parter, som ofte forefalder under jagt og fangst, taler imod en saadan mulighed, ligesom hundens optræden ligeoverfor mennesket, der selv foranlediger adskillelsen uden hundens medvirkning, og uden at den forud underrettes derom, paa det sterkeste vidner mod en saadan forklaring af fænomenet. Den eneste løsning, som stod mig aaben, var derfor at antage, at denne dyrenes optræden var instinktiv og altsaa foregik uden bevidst korrespondance mellem dyrene indbyrdes.

Som instinkt var nemlig moderdyrets optræden mig let forklarlig, ifald jeg kunde gaa ud fra, at *yngelens optræden var aarsag i forholdet*, og at altsaa moderens instinkt var bygget paa yngelens sikre fremmøde ved skillestedet.

Nu kunde det maaske synes naturligt at antage, at moderdyrets tilbagevenden for at gjenfinde yngelen og yngelens bevægelse til mødet med moderdyret var samme fænomen og altsaa udslag af ét og det samme instinkt. Hvad der imidlertid talte imod en saadan opfatning, var først og fremst det, at instinktet derved blev staaende uforklarligt og uforstaaeligt, dernæst modsætningen mellem moderdyrets livserfaring og yngelens hjælpeløse tilstand, og endelig den iagttagelse, jeg oftere havde gjort, at der er en fremtrædende forskjel paa den maade, hvorpaa moderdyret finder frem til det fælles mødested, og den maade, hvorpaa yngelen finder frem til samme sted.

Forat komme til klarhed i dette spørgsmaal, maatte jeg undersøge den maade, hvorpaa, og den vej, ad hvilken begge de interesserede parter, moderdyret og yngelen, naaede frem til skillestedet og saaledes kom til at mødes; med andre ord, for at kunne erkjende forskjellen mellem moderdyrets og yngelens optræden blev det nødvendigt at undersøge *de mødende dyrs veje eller vandringslinjer*.

Moderdyrets optræden efter adskillelsen fra yngelen er i mange tilfælder vel kjendt gennem jægeres iagttagelser og beretninger, og de gaar alle i den retning, at moderdyret, som ofte paa grund af forføl-

gelse maa fjerne sig langt fra skillestedet, søger tilbage til mødet med yngelen ganske paa samme vis, som det ialmindelighed opsøger et andet sted i naturen, altsaa *ved sansernes hjælp, ad kjendte stier og veje*, undertiden ad den korteste vej, undertiden ad omveje, og den fra skillestedet og tilbage til skillestedet tilbagelagte vejlængde, altsaa vejen i sin helhed, har ingen bestemt form, idet den snart er den korteste, den rette linje, snart en længere, buet eller brukket linje, efter omstændighedernes medfør; den synes altsaa at være, hvad man ogsaa maatte vente, en følge af, hvad man kalder fri, vilkaarlig bevægelse, styret af sanser og dyrets intelligens. Med andre ord, bevægelsen kan ikke sees at have været bundet af andet end dyrets erindring og iagttagelse, idet bevægelsens form varierer, eftersom forhold i naturen eller fienders nærhed og efterstræbelser har fremtvunget den.

Jeg maatte heraf med rette kunne slutte, hvad der maaske kunde synes at sige sig selv, at det ikke er moderdyrets bevægelse, men dyrets viljesretning, der er instinktiv bunden; med andre ord, det er dyrets kundskab om, at yngelen kan gjenfindes ved det sted, hvor moder og yngel skiltes, der er instinktiv, og ikke den maade eller vej, hvorpaa moderdyret søger til stedet.

I modsætning hertil vil det vise sig, at det er vejen eller maaden, hvorpaa yngelen gjenfinder skillestedet og moderen, der er fast bestemt og altsaa bunden hos yngelen; om den er instinktiv eller ej, er et spørgsmaal, jeg senere skal komme tilbage til.

For at komme til klarhed i sagen maatte jeg først undersøge yngelens vejlinje eller bevægelsens retning og art.

Fra jagten og livet i skov og mark var det mig bekjendt, at vildtets yngel i den allerførste tid eller for fuglevildtets vedkommende strax efter udklækningen kun foretager ganske korte vandringer, og forfølger man den spæde yngels vejbane, naar yngelen ikke ledes af moderen eller noget ældre dyr eller ved sansernes hjælp staar i rapport til disse, vil man finde, *at vejbanen altid er mere eller mindre ringformet*.

Paa denne maade er det altsaa, at de unge dyr, der endnu ikke er lokalkjendte og endnu ikke har lært den fulde brug af sine sanser, atter og atter vender tilbage til det sted, hvor de skiltes fra sin vejleder eller kammerat. Saa snart de ikke længere ved sansernes hjælp kan sætte sig i rapport med den vejledende moder eller den kammerat, de ellers vilde følge, paavirkes dyret, forsaavidt det bevæger sig, af en hidtil upaaagtet styrende magt, der tvinger det til at vandre i en mere eller mindre velformet ring tilbage til det sted, det forlod.

Nu er det imidlertid en bekjendt sag, at flere dyr under visse forhold, særlig naar sanserne tør antages ikke at fungere eller yde tilstrækkelig ledning, atter og atter vender tilbage til samme sted, derved at bevægelsen foregaar i en ring, og det var derfor ikke usandsynligt, at det var den samme aarsag, som her gjorde sig gjældende, og det gjaldt altsaa at undersøge, om bevægelsen var den samme, og om den fremgik af, at sansningen ikke ledede bevægelsen, og hvori den isaafald havde sin aarsag.

Som det sees, har altsaa mine iagttagelser i naturen ført mig til at antage, at en bestemt bevægelsesform som den nævnte maatte være hereditært tilstede hos en del dyr, eller med andre ord, at dyrene foruden den saakaldte vilkaarlige, af sanser og vilje styrede eller bundne bevægelse ogsaa maatte have en anden, uvilkaarlig, af sanserne ustyret, men dog paa anden maade bunden bevægelse, idet jeg bortser fra den tredje, af ydre faktorer ledede, f. ex. af luft- og havstrømninger eller paa anden mekanisk maade fremkaldte bevægelse, der er fælles for alle gjenstande og altsaa har sin grund udenfor organismen.

Var denne min formodning rigtig, maatte imidlertid den nævnte bevægelsesform altid komme tilsyne i tilstande, hvorunder sanserne var ude af brug eller endnu ikke tagne i brug, uagtet dyret var i bevægelse, og dette, skal vi se, er ogsaa tilfældet.

Som det vil forstaaes, er ethvert nyfødt eller nyklækket individ altid i den tilstand ikke før at have brugt sine sanser, medens der kun undtagelsesvis i naturen vil findes situationer, hvori ældre, erfaringsopdragne individer ikke skulde kunne bruge sine sanser.

Det er saaledes en gammel erfaring, at blindfødte unger, f. ex. hundehvalpe, naar de lægges ud paa gulvet eller marken, en tid bevæger sig i en ring, indtil de ved lugtens eller hørselens hjælp finder frem til moderen, kammeraterne eller mennesket, og kaster man en voksen hund i sjøen, hænder det ofte, at den en tid, forinden den kommer til sans og samling, svømmer rundt i en ring.

Men selv hos yngelen vil allerede fra første stund af, i hvert fald hos de af forældre ledede dyr, sanserne være *noget* i brug, saa at den bevægelsesform, som det unge dyr forudsættes at benytte, altid vil være mere eller mindre paavirket af sansning. Med andre ord, den *uvilkaarlige, sansefrie bevægelses regulære form* vil som oftest, selv om den ikke *styres* af sanserne, dog mere eller mindre blive *forstyrret* af sanseindtryk.

At paavise en saadan vejbane i naturen og sige, hvor bevægelsen er sansestyret, og hvor den er uvilkaarlig, har sine store vanskeligheder;

men hvis der gives en saadan sansefri og uvilkaarlig, paa anden maade bunden bevægelse, maatte den fremtræde, ifald man kunde afsanse dyret eller hindre det i brugen af den bevægelsen ledende sans, og dog opnaa at se dyret bevæge sig, altsaa ustyret af sanserne.

III.

Den fysiologiske cirkulærbevægelse.

Da man allerede tidlig i fysiologien kjender en cirkulærbevægelse, der er af den beskaffenhed, at den, forsaavidt den fremtraadte i naturen hos normale dyreindivider, kunde tænkes at falde sammen med eller ligge til grund for de cirkulære bevægelsesfænomener, jeg har omhandlet, har jeg troet ikke at burde undlade at berøre denne allerede kjendte bevægelse i den foreliggende undersøgelse.

Som bekjendt optræder den i 3 former, der alle betragtes som tvangsbevægelse, men hvoraf dog kun den ene, den saakaldte «mouvement de manège» eller «die Reitbahnbewegung», kunde tænkes at staa i nogen forbindelse med de her omhandlede fænomener. Hvad der imidlertid karakteriserer denne bevægelse er dens pathologiske natur, idet den alene fremkaldes enten ved direkte experimentelt udførte læsioner af visse dele af centralnervesystemet eller ved pathologiske affektioner af samme, medens den bevægelse, som kunde tænkes at ligge til grund for de tidligere nævnte biologiske fænomener, alene kan være udgaaet fra en frit virkende normal organisme.

Der stod derfor intet andet tilbage end at foretage nye, af enhver læsion eller affektion ganske uberørte experimenter, og disse experimenter maatte til og med foretages i medier, der var naturens for livets bevægelser nødvendige forhold saa overensstemmende som muligt.

For at kunne fremlægge sikre beviser for, at der hos dyrene findes en saadan konstant cirkulærbevægelse, der er uafhængig af sanserne, og som altsaa maa optræde, naar dyrets bevægelse ikke ledes af nogen sans, har derfor min medarbejder og jeg foretaget en række experimenter, der alle gik ud paa at hindre eller stænge og altsaa ganske afbryde den sansning, der maatte antages at lede dyret under dets almindelige bevægelse i naturen.

Vi har i den hensigt naturligvis maattet prøve os frem for at finde sikre metoder for den rette behandliug af de forskjellige dyrearter, hvormed eksperimenterne er foretagne; men fremlæggelsen heraf og af de enkelte eksperimenter og deres særskilte resultater vilde kræve en længere tid og et større omfang, end den foreliggende plan tillader, og jeg maa derfor, hvad selve det detaillerede bevismateriale angaar, henvise til de fremtidige, tidligere nævnte sårarbejder i denne retning; her kan jeg kun omtale det store og vigtige fællesresultat, som de foretagne eksperimenter har afgivet, og som danner grundlaget for hele den exakte bevisrække, hvorpaa mit arbejde og opgavens løsning er bygget.

Forsøgene har været udførte med eksemplarer af de almindeligst forekommende dyrearter, saasom hunde, kaniner og mus, blandt fuglene: duer, svaler og ænder, og blandt fiskene gorkim og bergylt.

For de højere dyrs vedkommende har vi ved temporær eliminering af syn, hørsel og lugtesans, hos fiskene ved vivisektoriske indgreb, søgt at hindre dyret fra under bevægelsen at lade sig lede af sansningen. Dette har sine store vanskeligheder, særlig hos de mindre og lavere staaende dyr, f. ex. insekterne, hvoriblandt hr. amtsskolebestyrer P. Dybdahl (Støren, Søndre Trondhjems amt) i sagens interesse har foretaget en del eksperimenter, der dog alle bekræfter formodningen om, at der ogsaa hos denne dyregruppe fremtræder en cirkulær bevægelsesform, naar dyrets sanseorganer eller funktioner elimineres. Disse forsøg blandt insekterne tør dog endnu ikke betragtes som exakte og overbevisende.

Ved alle eksperimenter maa der nemlig drages omsorg for, at de eventuelt ikke elimerede sanser ikke paa nogen maade kommer i rapport med omgivelserne, at saaledes f. ex. ved dækning af øjnene, ikke nogen lyd eller fremtrædende lugt skal kunne lede bevægelsen, at altsaa i tilfælde af hovedsansens midlertidige elimination saa vidt muligt ikke nogen af de øvrige sanseorganer skal overtage ledelsen og altsaa komme til at vikariere for det eliminerede organ.

En af de største vanskeligheder ved de udførte eksperimenter har desuden været at faa dyret til at bevæge sig uden sansernes hjælp eller ledning, idet dyrene, paa grund af frygt, af forsigtighed eller af mangel paa livsenergi i almindelighed ikke er tilbøjelige til at bevæge sig under de indtraadte omstændigheder, men stadig søger at opnaa en sanseledning gennem et af de øvrige organer som vikar for det eliminerede; men da det vikarierende organ kun delvis og ufuldkomment erstatter tabet af den oprindelig ledende sans, foregaar bevægelsen i saadanne tilfælde gjerne stykkevis og rykkevis, eftersom dyret for et øjeblik mener sig at have en ledning i en lyd, en lugtfornemmelse eller gennem

ejendommeligheder ved bevægelsesplanets topografi. Jeg skal imidlertid ikke her komme ind paa skildringen af fremgangsmaadens enkeltheder eller de enkelte eksperimenter, der som allerede nævnt vil blive fremlagt i senere arbejder, men kun bemærke, at i saadanne tilfælder har vi fundet et effektivt middel i omskiftning af bevægelsesmediet, idet frykten for at drukne f. ex. øjeblikkelig har frembragt en rask renformet bevægelse hos dyr, hvis almindelige bevægelsesfelt er landjorden, men som for tilfældet sættes paa vandet. I medfør af de af dr. *J. Bell Pettigrew* fremlagte undersøgelser, hvad bevægelsen paa de tre modstandsflader, land, vand og luft, angaar, tør jeg anse de herved vundne resultater for at være et ligesaa værdifuldt og afgjørende bevismateriale, som hvad der opnaaes paa bevægelsens omraader i dyrets almindelige medium og paa det for bevægelsen i naturen ordinære plan.

Ved alle disse eksperimenter indtraadte der, forsaavidt som det lykkedes at ophæve sansningens indvirkning paa bevægelsens retning, en regelmæssig circular bevægelse, der hos de forskellige dyrearter var af forskellig vidde, men som altid hos samme individ foregik til samme side.

Ogsaa for menneskets vedkommende kan der fremlægges resultater af en række eksperimenter, hvoraf her eksempelvis skal nævnes de, der er foretagne ved Klæbu off. blindeskole.

Hr. *P. M. Sydnes*, skolens bestyrer, der paa min anmodning har foretaget en del forsøg med de paa skolen værende blinde elever, meddeler, at det er en gammel kjendsgjerning, at fuldstændig blinde (egentlige blinde) har en tendens til at vige af fra den rette vejlinje til en bestemt side, og forsøgene viser, at hvert individ har sin bestemte side, henimod hvilken ringbevægelsen foregaar, saaledes at man faar tilhøjre- og tilvenstre-gaaende individer, der ved gjentagende prøver viser sig at være bundne ved denne bestemte retning.

Vanskelighederne ved eksperimenterne ligger ogsaa her i at opnaa, at alle sansers rapport med omgivelserne eller udenverdenen er fuldstændig afbrudt, da de blindes hørsel og lugt og føddernes hudfølelse for enhver ujevnhed eller forandring paa gangplanet eller i bevægelsesmediet, f. ex. luftstrømninger, er saa fin og opøvet, at de blinde strax bøjer af for den mindste modstand eller tager ledning af de ubetydeligste paavirkninger under deres marsch.

Paa min medarbejder, prof. G. A. Guldbergs opfordring har derefter hr. *landbrugsbestyrer B. Holtsmark* foretaget 30 lignende forsøg ved Sem landbrugsskole, idet forsøgene her er udført med normale mennesker, hvis øjne er bleven tilbundne. Af disse forsøg opviser 93 pct. den

samme circularbevægelse, som fandtes ved Klæbu blindeskole, idet der dog her er fremkommet et par nye ejendommeligheder under forsøgene, der staar i forhold til legemets tilfældige belastning. Ligeledes optraadte der, naar den regelmæssige bevægelse eller gangens hastighed øgedes, en spirallformet bevægelse, der forresten var at vente og styrker vor opfattelse af fænomenets forstaaelse og bevægelsesretningens aarsag. Ogsaa her viser en vis procent af forsøgene tilhøjregaaende bevægelse, resten tilvenstregaaende.

En lignende række forsøg er ogsaa foretagne af hr. amtsskolebestyrer *P. Dybdahl*, der under 17de februar 1897 har meddelt mig resultaterne, hvilke ogsaa bekræfter circularbevægelsens optraeden hos mennesket, naar dets gang ikke ledes af nogen sans. Hr. Dybdahl beretter, at han under et par kurser ved amtsskolen har anstillet forsøg med ca. 100 unge mennesker af begge kjøen for at komme efter, til hvilken side afvigelsen fra retningen foregik. Forsøgene foretoges dels i en ca. 12 m. lang gang, dels paa en aaben gaardsplads, ca. 20 m. »Jeg iagttog følgende:» skriver beretteren,

»*I gangen* gik 6 lige paa stregen — en kridtstreg paa gulvet —
51 afveg tilhøire indtil 1,5 m., 43 afveg tilvenstre indtil
2 m.

I gaarden gik 2 lige paa stregen — en ret stribe i sandet — 48
afveg tilhøire indtil 4,5 m., 50 afveg tilvenstre indtil 4 m.

I begge tilfælder fandtes ca. 8 pct., der afgav uregelmæssige afvigelser, snart tilhøire, snart tilvenstre; videre gjorde ca. 10 pct. uregelmæssige bevægelser til en og samme side, idet afvigelsen snart var stor, snart liden. Det bemærkes, at der i gaarden blæste en ganske svag luftning under det ene af forsøgene». Af beretningen fremgaar, at antallet af kvinder og mænd var noget nær lige paa begge sider (af tilhøire- og tilvenstregaaende).

Under et lærerkursus paa Veblungsnes har dernæst hr. Dybdahl anstillet forsøg med ca. 60 deltagere, mænd og kvinder, paa den tæt ved stedet liggende eksercerplads »Sætnesmoen», en plads, der vistnok var for liden til at faa samtlige ringe komplette, men dog egnede sig godt for forsøg af det slags — skriver beretteren — da den var ganske flad og bevoxet med tæt, kort græs, samt laa ganske isoleret, for en stor del omkranset af skov.

»A. Jeg lod hele mandskabet, selvfølgelig afdelingsvis, med dobbelte bind for øinene marschere mod et bestemt punkt, dels med løse arme, dels med armene korslagte paa brystet, en om en.
• Det gjaldt nu ikke at faa nogen ring, men hos de halvt hun-

drede mand at iagttage retningen og graden af afbrydelserne for siden at kunne experimentere med de mest udprægede. 24 gik tilvenstre for stregen, 20 gik tilhoire; 4 gik omtrent ret frem, fra $1\frac{1}{2}$ til 2,5 m. til siden. De mindste radier anslog jeg til ca. 60—100 m.

Det viste sig nu bedst, at pladsen var for liden. En stor del af de promenerende havde behovet en mange gange saa stor plads for at kunne levere nogen ring. Situationen vil sees af fig. 1.

B. Jeg tog de 4 bedste med mig og tog plads omtrent midt paa pladsen (fig. 2).

- 1) Den første, en dame (a), gik en stund i lige linje, men saa bar det ud tilhoire i en meget skarp kurve, saa den tangerte udgangspunktet og siden gjorde en meget liden ring, hvorpaa linjen igjen fjernede sig. Der gjordes altsaa næsten 3 ringe. Damen var dygtig nervøs og bevægede sig i meget ulige tempo.
- 2) Den anden, en middelaldrende lærer, gjorde en ganske ren bue tilvenstre (b), men kom udenfor, saa han maatte stoppe.
- 3) Jeg gjorde selv først en meget svag bue tilvenstre (c), og derpaa en pen $\frac{3}{4}$ cirkel (d) til samme side.
- 4) Den fjerde var en ældre lærer. Han gjorde ca. $1\frac{1}{2}$ ring (e), men satte saa ud paa vidderne. Han blev kjed af at gaa længer og skubbed bindet af.
- 5) Den femte, en ganske ung pige, gjorde 4 meget smukke ringe tilvenstre (f).

Det bemærkes, at selskabet forholdt sig aldeles stille. En fulgte ca. 10 skridt efter for at hindre sammenstød. Ingen havde nogen belastning.

C. Det tredje forsøg gjordes med 2 yngre lærere, der før havde gjort korrekte og smaa ringe, den første med en $1\frac{1}{2}$ vog tung randsel paa ryggen, den anden uden belastning.

De started midt paa pladsen (fig. 3) i modsat retning og samtidig. Den første (a) brød af tilhoire, den anden (b) tilvenstre, og saa indtraf det ejendommelige, at de efter ca. $\frac{1}{2}$ omgang mødtes i c. Her blev nr. 2 afbrudt paa grund af tærrænget, medens nr. 1 fortsatte og gjorde sine $2\frac{1}{2}$ omgange, idet han for hver gang forkortede radius. Ved nærmere eftersyn viste det sig, at belastningen laa noget over tilvenstre.

Gjentagne forsøg — enkeltvis og i partier — bekræftede resultatet, skriver hr. Dybdahl. «Der blev af enkelte, navnlig damer, leveret meget smukke ringe, tildels ligefrem konstruerede cirkler (fig. 4, g og h) paa 50—70 m.s radius. Men saa var der ogsaa enkelte marodører, der gik hid og did i zikzak.»

En anden række forsøg med roere, hvis øjne var tilbundne, viste ligeledes samme resultat, nemlig en ringbevægelse af baaden til den ene side. Fig. 5 viser 4 forsøg, foretagne af hr. Dybdahl. 1ste tur gjøres af en fløtmand med hætte paa hovedet, der tilholdtes at ro sagte og saavidt muligt ret frem; 2den tur er samme opgave, men med paalæg om at ro raskt. Ved begge forsøg anvendtes en færing. 3die tur som 1ste, men med en sexæring og 2 mand. 4de som 3die, men saaledes, at en mand roede, og den anden homlede (skaatede). Den roende var kjævhændt. Vejlængden var ca. 2,5 km., blikstille uden strøm. Den, der roede lige paa maalet, stilledes i udsigt en præmie. Alle roere var øvede folk. Resultatet blev — som det sees af figuren — at samtlige brød ud tilvenstre eller højre (de 3 første tilvenstre, den fjerde tilhøjre for de roende). Retningen toges mod land, men kun 2 naaede land; de andre 2 roede i ring med en radius af ca. $\frac{1}{2}$ km. De, der roede kraftigst, gjorde de mindste ringe. Beretteren var selv med i baaden.

«Samme resultat — skriver hr. Dybdahl — havde et forsøg med 3 smaagutter, der med tilbundne øjne svømmede over et lidet vand. De veg alle ud til venstre. Gutterne vidste ikke, hvad det gjaldt; de havde præmie ivente. Jeg fulgte selv efter i baad. Den ene af svømmerne gjorde saa skarp bue, at han kom tillands paa samme side, som han drog ud fra.» (Fig. 6).

Resultatet af alle de foretagne forsøg er altsaa overalt det samme. *Menneskets bevægelse gaar ligesom dyrets, naar den ikke ledes af nogen sans, i circular retning og fører tilslut tilbage til udgangspunktet, og det samme individ bevæger sig under lige forhold og lige belastning altid til den samme side.*

IV.

Som circulærbevægelsens aarsag kan der paavises en funktionel og en morfologisk asymmetri hos de dyriske legemer.

Inden jeg gaar over til at paavise den omtalte uvilkaarlige ringbevægelses existens og optræden i naturen samt dens betydning i og for det dyriske liv, vil jeg først gjenoptage det tidligere berørte spørgsmaal, hvorvidt bevægelsesfænomenet tør ansees for instinktivt eller ej.

Som tidligere nævnt, antager jeg, at det lokale instinkt, i medfør af hvilket dyret vender tilbage til skillestedet for at gjenfinde sin kammerat eller sin yngel, er bygget paa den nu paa pegede circulærbevægelse, medens denne sidste er ganske ubunden af al sansning og intelligens. Da jeg ikke kjender et eneste instinkt, som ikke under sin optræden er sansebundet og virker i og med en eller anden sanseytring, var jeg tilbøjelig til allerede paa forhaand at antage, at bevægelsen var rent fysiologisk og som saadan havde sin aarsag i organismens egen mekanik. Men var den alene afhængig af organismens mekaniske forhold, maatte der a priori antages, at bevægelsens retning ene og alene beror paa bevægelsesorganernes asymmetriske bygning.

Enhver bevægelse, der udgaar fra et legeme med asymmetrisk byggede bevægelsesorganer, enten selve bevægelsesapparaternes system er bilateralt i sin asymmetri, eller det enkelte bevægelsesorgans bilaterale muskel- og nervesystem er asymmetrisk i sin virkning, vil nemlig i lighed med en baad, der drives frem med ulige aarer eller af en med asymmetrisk slagkraft dreven motor, nødvendigvis, naar styreapparatet mangler eller ikke fungerer, levere en circulærbevægelse med radius i forhold til asymmetrien. Med dette princip som udgangspunkt var bevægelsen fuldt forklarlig, og der var mange iagttagelser og gamle kjendsgjerninger, som talte for, at denne forklaring var den rette. Men exakte beviser kunde alene fremlægges ved morfologiske undersøgelser af de dyr, der havde leveret den circulære bevægelse under forhold, hvor ingen sanser kunde antages at lede bevægelsen.

En række saadanne undersøgelser er foretagne af min medarbejder *prof. G. A. Guldberg* og offentliggjorte dels som forelobig meddelelse i *«Biol. Centralblatt»* B. XVI, nr. 22, 1896, dels for menneskets vedkommende i *«Norsk Mag. f. Lægevidenskab»* for 1897, pag. 180—218,

ligesom en ny række undersøgelser vil blive offentliggjort i universitetets festprogram for 1897.

Resultatet af disse undersøgelser er overalt det samme, nemlig at de dyr, der under vore fysiologiske eksperimenter har leveret en ren, af sanser ustyret circularbevægelse, besidder en gennem vægt og maal med bestemte talværdier paaviselig muskulær-asymmetri med overvægt paa den side af organismen, der maatte være bestemmende, i tilfælde af at retningen i den fysiologiske circularbevægelse skyldtes legemets eller bevægelsesorganernes asymmetriske bygning.

Hvad de morfologiske værdier forøvrigt angaar, har det vist sig, at der hos alle de undersøgte objekter findes smaa, i regelen varierende asymmetrier, der dels kan ligge i extremiteternes forskellige længde, dels i de to siders forskellige muskelkraft, men som nødvendigvis under enhver locomotion maa optræde med en *funktionel asymmetri*, der atter under de før nævnte forhold afsætter en *tvungen fysiologisk cirkelform* for bevægelsen.

Denne kan saaledes ikke skyldes nogen patologisk affektion af centralnervesystemet eller staa i nogen forbindelse med den før kjendte tvangsbevægelse, den saakaldte «mouvement de manège» eller «Reitbahnbewegung», skjønt vi hidtil ikke nærmere har kunnet undersøge bevægelsens innervation eller dens nevrologiske karakter.

Heller ikke tør vi for tiden udtale noget bestemt om muskel-asymmetriens relationsværdi eller lovmæssigheden i dens skiftende lokalisation, da naturen overalt synes at arbejde kompensatorisk, uden at organismen dog derigjennem opnaar at skabe summarisk ligevægt eller matematisk symmetri.

Forresten maa jeg, hvad asymmetriens generalitet og udbredelse angaar, henvise dels til de af min medarbejder allerede fremlagte og nævnte arbejder, dels til det fremtidige materiale, der er under bearbejdelse fra hans haand.

V.

Den biologiske ringvandring i naturen.

Det staar nu tilbage at paavise, at den uvilkaarlige, *fysiologiske cirkulærbevægelse* hos dyret under visse omstændigheder er tilstede som medvirkende *faktor* i dyrets saakaldte frie liv i naturen. Det siger sig imidlertid selv, at den rene fysiologiske cirkelbevægelse alene kan forekomme hos dyr, der under sin locomotion ikke ledes af nogen sans eller paavirkes af nogen anden styrende magt, men hvis bevægelse kun er beroende paa bevægelsesorganernes egen mekanik, og saadanne tilfælder vil vistnok sjelden forekomme i naturen hos de højere dyregrupper eller i hvert fald kun forekomme en kort tid hos arten eller individet, da man vel tør forudsætte, at dyret, ifald det har tabt ledningsevnen ved hjælp af en enkelt sans, snarest gjørligt vil søge at lede bevægelsen ved hjælp af en eller flere af de øvrige sanser, idet det i modsat fald vistnok temmelig hurtig vil gaa sin undergang imøde.

Hos alle dyregrupper, hvor sanserne som ledere af bevægelsen er betingelsen for livets vedligeholdelse, vil en saadan bevægelse som den paaviste derfor være utænkkelig som vedvarende i noget længere tidsrum og derfor ogsaa vanskelig at iagttage. Derimod vil en bevægelse, som er resultant af den rene fysiologiske bevægelse og en sanseledet retningsbevægelse kunne fremtræde under en række omstændigheder, som strax vil blive omhandlet.

Tænker man sig nemlig et dyr stillet under saadanne forhold, at sansningen ikke faar noget bestemt retningspunkt, f. ex. paa en vandflade uden synlig eller sansbar begrænsning, saa vil under dyrets bevægelse cirkelens bueretning virke som en centripetalkraft paa alle sansningens forsøg paa at finde en bestemt retningslinje, og dyrets endelige bevægelse vil blive en ring, kun noget større end den oprindelige fysiologiske cirkel. Det samme vil hænde, ifald dyrets sansning er sterkt optaget af andre ojemed end at finde en retningslinje for bevægelsen, kun at ringen, hvori det bevæger sig, vil være desto større, jo mindre afbrudt eller svækket i sin virksomhed den bevægelsen ledende sans er.

Der forekommer naturligvis i naturen utallige tilfælder, hvor en saadan ringbevægelse ikke kan optræde, dels fordi bevægelsesrummet er saaledes begrænset, at bevægelsens cirkulære retning støder paa uovervindelig modstand, dels fordi bevægelsesplanets topografi er af den be-

skaffenhed, at dyrets ledningssans altid holdes vaagen og virksom, og dels af den grund, at dyrets intelligens og ledningssans er saa stor og udviklet og dets kjendskab til landskabet eller bevægelsesrummet saa gammelt og godt, at dyret af disse grunde ikke under nogen omstændighed kan tabe retningslinjen eller evnen til at bestemme sig for en saadan.

Men paa den anden side er der ogsaa utallige tilfælder, hvor dyret, enten af mangel paa kjendskab til bevægelsesrummet, af mangel paa bestemte retningspunkter, f. ex. i mørke, i taage eller paa ensartede flader uden fremtrædende eller kjendte formationer eller gjenstande, der kan danne maal for bevægelsens retning, eller af mangel paa tid til at bedømme omstændighederne, f. ex. under hurtigt løb, af frygt eller ved anden forstyrrelse af dyrets orienteringsevne eller opmærksomhed, nødvendigvis under sin bevægelse vil komme til at paavirkes af den »funktionelle asymmetri« og saaledes tilslut opvise en vejbane, der er resultanten af den fysiologiske circulærbevægelse og den af sanserne ledede retningsbevægelse.

Som før nævnt har man ogsaa i naturen en række eksempler paa, at dyr under disse omstændigheder bevæger sig i en ring, og det laa derfor nær at antage, at denne bevægelse var den samme eller i hvert fald stod i aarsagsforhold til den netop paa pegede fysiologiske lov.

I fald dyrenes ringbevægelse i naturen faldt nøjagtig sammen med dyrets fysiologiske circulærbevægelse, maatte imidlertid vejbanen eller ringen i begge tilfælder være lige stor; men dette er i almindelighed ikke tilfældet. Den vejbane, som et dyr i naturen beskriver under sin ringbevægelse, er i regelen betydelig større end den cirkel, som vilde fremkomme, ifald dyret ved afsansning blev tvunget til at bevæge sig i den fysiologiske ring. Med andre ord, den *biologiske* circulærbevægelse er ikke i form og udstrækning identisk med den *fysiologiske*, men er baade større og ujevne, oftest mere lig en irregulær mangesidet polygon end en fuldkommen cirkel, og dette har sin grund i, at den *biologiske ring*, som paavist, fremkommer ved flere kræfter end den fysiologiske cirkel, idet *den biologiske ringbevægelse er resultanten af den fysiologiske cirkelbevægelse og en sanseledet retningsbevægelse* (fig. 7).

Søger vi efter saadanne fænomener i naturen og i de meddelelser, vi har fra dyrelivet, vil vi finde en række iagttagelser, der alle tyder paa, at dyrene under de anførte omstændigheder kan komme i den situation, at de »taber hodet», som man siger, eller ikke kan gjøre fuld brug af sine sanser og under sin bevægelse i saa tilfælde paavirkes af den fysiologiske circulærretning.

Det havde været mit ønske at kunne paavise denne bevægelse i en række af fænomener i de lavere dyrs liv; men da hverken tiden eller forholdene har tilladt mig at fremlægge noget bevismateriale i form af sikre experimentalresultater for tilstedeværelsen af den fysiologiske ringbevægelse hos disse dyr og i form af anatomiske undersøgelser med hensyn paa en eventuel asymmetri i deres bevægelsesorganer, skal jeg ikke dvæle ved noget biologisk fænomen fra denne del af dyreverdenen. Kun maa jeg faa lov til at udtale, at jeg har den tro, at de interessanteste og betydningsfuldeste iagttagelser vil kunne gøres i de lavere dyrerækker, forsaavidt jeg kan gaa ud fra, at loven ogsaa der har sin gyldighed. Der har været iagttaget saa vidt mange ringbevægelser hos insekterne og enkelte andre leddyr, at det vil være forstaaeligt, hvor fristende det kunde være at opføre dem som eksempler paa den omtalte circularbevægelses lov; men for ikke at komme ind paa gjætningernes omraade skal jeg holde mig til vertebraterne, hvor vi har en sikrere grund.

Hos vertebraterne, som jeg altsaa i dette arbejde alene omhandler, kommer den biologiske ringbevægelse ikke saa sjelden frem i dagen og bemærkes naturligvis hyppigst hos dyr, som mennesket har rig anledning til at anstille undersøgelser iblandt.

Hos *fiske*, *padder* og *krybdyr* er der tidligere — saavidt mig bekendt — ikke iagttaget noget fænomen, der kunde tyde paa, at ringbevægelsens lov nogensinde kommer tilsyne hos dem. Men naar man erindrer, hvor lidet vort kjendskab til disse dyrs liv i naturen er, og hvor sjelden mennesket kommer i nær og varig berørelse med noget individ af de nævnte dyregrupper under deres liv i naturen, hvor den omtalte bevægelse alene kan iagttages, er det naturligt, at saa er tilfældet. Under mit arbejde med nærværende opgave faldt det mig imidlertid sandsynligt, at saadanne ringbevægelser under særegne forhold ogsaa maatte kunne iagttages blandt disse dyr, og jeg henvendte mig derfor til iste dykker ved Trondhjems dykkerkompani, hr. Edvard Petersen, med forespørgsel om, hvorvidt han nogensinde havde iagttaget en saadan ringformet bevægelse hos fiske eller andre havdyr. Hertil svarede han, at han tidligere ikke kunde erindre at have seet noget saadant; men nu, efterat dykkerne havde begyndt at bruge elektriske lamper ved sine undersøgelser paa havdybet, var det et almindeligt fænomen, at fisken i sin forvirring svømmede i en ring udenfor lampen, til og fra lyset.

Jeg kan lettest forklare mig dette fænomen ved at antage, at fiskene blændes af det elektriske lys, saaledes at de under sin flugt fra lyset

bliver uden sanseledning og derved drives over i den fysiologiske ringbevægelse og saaledes føres tilbage til lyset igjen.

Det vil imidlertid alene ved særegne studier med iagttagelse af det nævnte fænomen for øje være muligt at fremlægge noget bevismateriale fra disse klasser af dyreverdenen, og dertil har der desværre hidtil ikke været levnet mig tid og anledning.

Bedre stiller forholdet sig for *fuglenes* vedkommende, idet der blandt disse ikke er saa ganske faa fænomener, der tyder paa, at den funktionelle asymmetri under visse omstændigheder gjør sig gjældende og fremtvinger en biologisk ring.

Fra fyrvogterne paa Færder, Oxø og Halten har jeg modtaget meddelelser om, at trækfugle oftere sees kredsende udenfor, til og fra fyrlygten, og de omstændigheder, hvorunder fænomenet finder sted, idet fuglene undertiden falder ned af træthed eller forvirring, synes at tyde paa, at disse kredsbevægelser rettest forklares som biologisk ringbevægelse.

En lignende ringbevægelse af fugle, der antoges at være duer eller ænder, iagttoges ifølge «Svenska Jägarförbundets Nya Tidskrift» (16 aargang (1878) side 249) ved en ildebrand i Stockholm.

Tidligere har jeg nævnt, hvorledes jeg under iagttagelse af de vilde hønsefugles optræden i føstretiden (den tid, de har kyllinger) kom til det resultat, at kyllingerne, naar de ved opjagningen efter kuldets sprængning flygtede til flere sider, tilbagelagde en buet vejbane, der videre fortsat maatte føre dem tilbage til det sted, hvor de skiltes fra moderen.

Som allerede nævnt korresponderer denne kjendsgjerning med det instinkt hos moderdyret: efter adskillelsen at søge tilbage til skillestedet for at gjenfinde yngelen, samtidig som denne bevægelse ogsaa har afsat den samme instinktive erfaring hos de rovdyr, der lurar paa sit bytte, idet de ligesom moderdyret lægger sig til ro og venter paa vildtet i nærheden af det sted, hvor kuldet sprængtes. Denne dyrenes optræden har ogsaa i lange tider været kjendt af de norske og svenske almuejægere, der under deres jagt (den saakaldte lokkejagt) paa aarfugl og storfugl i den tid, ungerne endnu følger moderen, benytter sig heraf for at komme vildtet paa skud, og saa sikre er de paa, at hele familien møder op der, hvor den skiltes, at det med nogen taalmodighed ofte lykkes dem at fælde hele kuldet lige til det sidste individ¹.

¹ Se Tidskrift för Jägare och Naturforskare, Stockholm, 2dra aarg. 1833, s. 592.

» do. do. — 3 — 1834, s. 828.

» Bernhard Herre: En Jägers Erindringer.

» N. I. Gregersen: I Skov og Mark.

Bedst kjendt er dog den biologiske ring hos en del *pattedyr*, der staar i rapport til mennesket gennem jagten eller som husdyr.

Jeg har liggende en række breve fra jægere og andre, der har vist mig den tjeneste at interessere sig for mit arbejde og besvare mine spørgsmaal, og det fremgaar af disse, at ren- og elgkalve, fra hvem moderen er bortskudt, er bleven seet gaaende i ring paa stedet i flere dage. Det samme er tilfældet med bortkommet ungfæ, som ikke kan finde hjem eller frem tilgaards eller gjenfinde sine kammerater.

Ogsaa voksne og ældre husdyr har det samme hændt, naar omstændighederne er saadanne, at deres sanser og orienteringsevne slaar fejl. Man har saaledes oftere seet heste, der har været overladt til sig selv paa vejløse sne- eller isflader i taage eller snetykke, vandre i ring, indtil de har naaet det sted, hvorfra de gik ud.

Denne *hestens* vandring i ring under de nævnte omstændigheder er i Rusland saa velbekjendt og almindelig, at den bekjendte russiske digter *Tolstoi* i sin fortælling «Husbond og tjener» endog har anvendt dette biologiske fænomen som grundlag for skildringen og bygget fortællingens mulighed og udvikling paa dette fænomens gjentagelse og anerkjendte virkelighed.

Jeg skal her fra vort land kun nævne et par eksempler, da jeg samtidig fra meddelelserne kan fremlægge krokier af saavel lokaliteterne som ringvandringerne.

1. Provst *Schielderup* (Opdal), tidligere prest i Lierne i Nordre Trondhjems amt, skulde en lørdag (vaaren 1875 eller 76) rejse til prestegjeldets annexkirke i Sørli og drog om eftermiddagen, antagelig kl. 3, skriver han, ud fra Aspnes ved indsøen Lenglingen ned paa isen for at naa frem til Sørli kirke, der ligger vel 6 km. fra nævnte gaard. «Der var en del sne og vand paa isen, saa det var tungt føre. Jeg sad selv i jamtskrinet, skriver meddelelsen, og skydsgutten sad bagpaa. Jeg holdt selv tømmerne. Da vi var komne ned paa isen, blev det snetykke, saa vi efterat have kjørt en liden stund ikke længere kunde se land og ikke kunde se meget længere end til hesten. Da vi skulde til Sørli kirke, tænkte jeg stadig paa under kjøringen, at jeg maatte holde hesten til venstre for ikke at komme bort fra nordsiden af vandet. Jeg havde stadig under kjøringen bevidsthed om, at jeg saa havde gjort. Foret blev stadig værre og værre, og hesten drog tyngere for hver tid. Vi blev mere og mere forundret over, at vi ikke kunde komme ind til landet paa nordsiden. Vi stansede én gang. Kjorekarlen gik da af for at forsøge at finde land, og raabte vi derunder stadig til hverandre, for at han

kunde finde hesten igjen i snetykket. Han fandt ikke land, og vi maatte da fortsætte. Efter tiden, vi havde kjørt, skulde vi, syntes vi, for længe siden været fremme. Da vi saaledes havde kjørt mellem 4 à 5 timer, lyste det pludselig op, og vi saa land lige foran os. Det varede en stund, før jeg kunde summe mig saa pas, at jeg forstod, vi var i selve bugten ved Aspnes, hvorfra vi rejste ud.» Næste morgen viste faret efter hest og slæde, at hesten havde gaaet i en stor ring tilhøjre, rundt en holme, saaledes som vedlagte kroki udviser. Meddelelsen er overbevist om — skriver han — at han ikke en eneste gang trak i den højre tømme, men altid søgte at holde hesten til venstre. Af den grund er sandsynligvis ringen bleven saa stor (fig. 8).

2. Hr. amtsskolebestyrer *Dybdahl* (Støren) meddeler mig i brev af 19 februar 1897 følgende beretning om en hests ringvandring paa isen om natten i snedrev:

«Ole Krognæs af Rissen (Søndre Trondhjems amt) skulde kjøre over isen fra Fissum til Nøst over den ca. $\frac{1}{4}$ (norsk) mil brede indsjø Botn. Det var mørkt om aftenen og satte i med snefog. Han kjørte og kjørte uden at komme tillands. Endelig fik han dog fat i land ret ned for Tallum tæt ved, hvor han var kjørt ud. Ved næste morgen at følge sporet, viste det sig, at han flere gange havde kjørt rundt paa isen og en gang været tæt under Nøstskjæret, hvor han netop skulde iland. Det var en 5 aar gammel hoppe, og den fik gaa, ganske som den vilde. Lidt sneslaps var det paa isen. Paa slæden var bare et par bjerkestænger til mejer. Der var altsaa gjort ringe med ca. 1.5 km. radius» (fig. 9).

Almindeligst og mest fremtrædende er dog den ringbevægelse, som fremkommer hos alle pattedyr, naar de jages og forfølges saa sterkt af hunde, at de ikke længere kan eller tør holde en vej eller en retning frem over kjendte marker, men maa søge at redde sig alene ved et hurtigt løb.

Alle mig bekjendte firføddede vildtarter optager da under skarp forfølgelse den saakaldte «turing», det vil sige: saasnart de forlader veje, stier eller trange pas eller strandlinjer, bevæger de sig i en større eller mindre, af delvis sanseledning udvidet og forstyrret ring og kommer saaledes tilslut tilbage til udgangspunktet, ifald de ikke forinden har mødt en vej, sti eller et defilé, som har lokket eller tvunget dem ind paa en bestemt anderledes formet bane.

Jeg kan fremlægge beretninger om denne «turing» hos de firføddede vildtarter lige fra rovdyrenes konge her nord, bjørnen, og de øvrige

større vildtarter, elgen, hjorten og raadyret, lige ned til ræven og haren, der vel er det mindste pattedyr, som nu for tiden er gjenstand for jagt og forfølgelse med jagende hund.

Interessantest og hyppigst fremtræder fænomenet hos *haren*, baade fordi denne vildtart forekommer i en saa betydelig rigere mængde end de øvrige nævnte vildtarter og altsaa er saa meget bedre kjendt og langt oftere gjenstand for jagt og forfølgelse af hunde, og særlig fordi den som et mindre og kanske ogsaa mindre begavet dyr langt hyppigere og snarere paavirkes af circulærbevægelsens lov, ligesom dens ringbevægelse er af mindre omfang og derfor lettere kan erkjendes og forfølges helt ud, fra først til sidst. Jeg har derfor særlig heftet mig ved dette dyrs liv i denne henseende og har erhvervet en række karter fra vort lands mest anseede harejægere, hvoraf flere paa den mest overbevisende maade bekræfter sandheden af min antagelse, medens ingen af de mig hidtil ihændekomne krokier eller beretninger modsiger, hvad jeg fremfører.

Det bør maaske ogsaa bemærkes, at alle de erhvervede krokier med tilhørende beskrivelser er mig meddelte, uden at nogen af de vedkommende personer har haft nogen formodning om, hvortil det leverede materiale skulde anvendes, eller nogen kundskab om den her fremlagte teori. For at undgaa misforstaaelser maa det ogsaa erindres, at der foruden de her omhandlede biologiske ringvandring, der er fremgaaede af dyrenes mangel paa intelligent kontrol, meget vel baade kan og maa i naturen forekomme ringvandring, der er en følge af dyrenes sanser og egenbestemmelse, ligesom det ikke er usandsynligt, at den biologiske ringtvang (lov) kan have afsat instinktive fænomener hos flere arter af de jagtbare dyr i lighed med, hvad vi har seet var tilfældet under andre forhold. Saadanne ringvandring, sansebestemte eller instinktive, vil let kunne forvexles med de her anførte og kunde have værd som modsigende fakta, ifald ikke en paavisning af den funktionelle asymmetri allerede forelaa som exakt bevismateriale.

Jeg skal dog for nærværende kun fremlægge nogle faa af disse loser med tilhørende karter:

1. I brev af 10de marts 1895 meddeler dr. *H. Olsen (Bruun)* mig en beretning om en harelos, beskrevet af hans broder, løjtnant C. Olsen (Bruun) med vedlagt karttegning (fig. 10). Begge brødre havde deltaget i jagten og erindrede godt alle harens hovedture, kast og svingninger, uagtet losens gang var meget vanskelig at følge, skriver meddelelsen, og han kalder losen i sin helhed en «korketrækkerlos».
- «Udtaget var i myrkanten strax sondenfor Lorttjern lige ved vejen —

skriver løjtnant C. Olsen (Bruun). — Vi befandt os da øverst i Harebakkerne, men kom ikke tidsnok bort paa den lille myr øst for Lortkulpen, hvorover losen gik. Saa drog jeg nedover, da losen svingede, men kom for sent til post nr. 1, ligesom haren allerede havde passeret post nr. 2, før jeg kom did. Nu blev der et tab, og da jeg drog nedover, skræmte jeg haren, da den var paa vejen opover Mysmermyrene, hvorefter losen drog nedover. Post nr. 3 havde jeg ved Kulstubben, men som figuren viser, kom losen ikke længere op igjen efter turen bortom Barntjern end til Gruen, hvorefter den drog nedover. Det var blødt, saa jeg jo kunde se mærke hist og her efter losens gang. Nu var det en længere stunds tab, og smaat ruslede jeg nedover mod Tuggerudsletten. Her havde losen gaaet videre nedover, men da post nr. 4 var en udmærket post, naar losen var nedenfor, besluttede jeg ikke at gaa længere nedover. Det var tab, men strax efter hørte jeg vor gule «Hop» (en af harehundene) nede ved Nylænna, og lige efter kom haren for at tiltræde turen nordover igjen. Imidlertid kom den ikke længere. Saavel hunde som haren blev seet af arbejdsfolkene nede ved Nylænna, omkring hvilket sted der havde været flere smaaturer, som jeg ikke kan lægge paa kartet; men de turer, som er anført, husker jeg godt. Om formiddagen kl. 10 fik vi ud haren, og om eftermiddagen ved 7-tiden faldt den.»

Som det vil sees, gaar alle harens ture, hvor den ikke følger veje eller eget spor, tilhøjre; legemets asymmetriske overvægt eller styrke maa saaledes hos dette individ efter den opstillede lov ligge paa venstre side.

2. Fig. 11 fremviser en harelos, kartlagt af kaptein *Schytte* i Trondhjem. Som det vil sees, gaar harens ture stadig til samme side og danner jævne biologiske ringe, kun noget paavirket af terrængforhold og muligens af stier eller den i ringenes midte liggende indsø, men aldrig afbrudt eller ganske hindret af ydre modstandsforhold.
3. Fig. 12 er en kartlagt harelos, som er mig velvillig overladt af hr. oberst *N. I. Gregersen* (Vik i Sogn). Ved at følge pilene, der angiver losens retning (den prikkede linje, der angiver tab og gjentag, er afsat efter et løst skjøn og har altsaa ingen gyldighed som bestemt vejretning) samt jægerens poster og vejlinje, vil man faa et godt overblik over losens og jagtens gang, og som det vil sees, gaar harens ture i denne los stadig tilvenstre, saa at legemets asymmetriske overvægt altsaa maa antages at ligge paa højre side.

Som det vil sees, gaar alle «ture» eller «ringe» hos samme individ bestandig til samme kant, forsaavidt ikke haren gaar tilbage paa sit for optraakkede spor eller lokkes eller tvinges af naturforholdene til at holde en bestemt rute i modsat eller anden retning end den, som ringbevægelsens lov vilde paanode den. Med andre ord, hvor der ikke findes nogen vej eller sti eller noget traak, som kan følges, og hvor ikke defiléer noder harens sanser til at dirigere bevægelsen efter bestemte naturgrændser, der optræder «turingen» eller den biologiske ring, hvorved den samme hare altid drives til samme kant, fordi dens ringbevægelse, som vi har seet, fremgaar af en fysiologisk nødvendighed, nemlig asymmetriens lov.

Fig. 13 fremviser en *rævelos*, der ligeledes er mig oversendt fra hr. oberst N. I. Gregersen. Rævens ture gaar ogsaa alle til én side, indtil den efter at være skadeskudt, sætter i lige løb nedover lien til fjorden (havkysten).

Ligesaa velkjendt er den biologiske ring hos *mennesket*, baade som vandringsbevægelse og som baadbevægelse under roning. Der foreligger saavel i litteraturen som mand og mand imellem et betydeligt antal beretninger om disse tvende fænomener, og jeg skal her kun anføre nogle eksempler. I litteraturen kan jeg henvise til forstmester *Barths* beretning om sin egen ringvandring paa Gyrihougen (J. B. Barth: den norske Natur, 2det Oplag, Chr. 1879, side 133—139), hvor han 2 gange kommer tilbage til Gyrisæteren og kun ved at følge en sti helt frem naar ud af vildredet.

Blandt meddelelser, som er mig tilstillet, skal jeg kun nævne nogle faa. I det ene tilfælde er eksemplet af interesse, forsaavidt som én og samme person baade har roet i ring og gaaet i ring. Agent B. i Trondhjem beretter nemlig, at han 2 gange har roet i ring i taage, begge gange tilvenstre, og at han én gang har gaaet i ring i meget ulændt skovmark i Børsen. Ringen gik tilhøjre.

I et andet tilfælde blev bevægelsen korrigeret ved kompasset, og det viste sig, at bevægelsen altid gik tilhøjre. Jeg har meddelelsen fra konsul *J. Gram* (Drammen), som i brev af 7de marts 1895 beretter, at han sammen med sine kammerater under en vandring stadig blev kommanderet: mere tilvenstre af den, der dirigerede retningen efter kompasset. Ogsaa denne gang vilde de øvrige — hvad der jo er almindeligt — ikke tro kompasset, saa fuldstændig retlinjet forekom den biologiske ring dem.

En karakteristisk ringvandring med kroki (fig. 14) er mig velvillig overladt af hr. amtsskolebestyrer *Dybdahl* (Støren), der meddeler følgende:

«Hans Rottum af Støren (Søndre Trondhjems amt), 20 aar gammel, elev af amtsskolen, var med tjenestepigen og en anden gut i fjeldet og skulde gaa hjem fra en høludde (hølade). Terrænget var fladt og myrlændt med nogle lave aaser paa begge sider og en liden fjeldbæk til højre. Ludduen (høladen) laa paa nordre side af sletten. De gik fra hytten (laden) ca. kl. 3 em., skjønt regnskodden var saa tyk, at de ikke kunde se mange meter foran sig. De troede allerede at være komne langt paa hjemvejen, da de til sin store forundring stødte lige paa ludduen (laden). Efter en stunds forløb gjorde de nok et forsøg, men med samme resultat. Og paa samme maade gik det endnu 2 gange, hvorpaa de maatte slaa sig for i løen (laden) til om morgenen. Altsaa i det hele 4 gange rundt til samme sted og 3 ifølge. Det bemærkes, at de kun én gang stødte lige paa huset; men de var aldrig længere ud af retning end 3—4 meter, netop saa langt, at de kunde se huset. Det mærkeligste tilfælde, der er kommen til min kundskab! Fuldkommen paalidelige folk!»

Hvor saa at sige «forhekset» man kan blive under saadanne forhold, har man en mængde eksempler paa. Jeg har selv et par gange været i denne «huldrens magt», som det hedder i sagnet. Første gang vandrede jeg selv anden mod vilje og vidende 2 gange i ring tilbage til samme sæter. I det andet tilfælde var jeg alene, men havde kompas med og kunde derfor optage en kamp med naturens hemmelige kræfter. Jeg vandrede paa en skovaas i graatungt vejr og skulde gaa nordover for at komme paa hjemvejen. Jeg saa paa kompasset og begyndte vandringen; men efter en tids forløb kjendte jeg mig ikke igjen og tog saa kompasset frem paany. Det viste sig da, at jeg vandrede i modsat retning af kompasnaalens blaa ende; men saa stor en magt over mig havde tilliden til min egen evne til at finde vej ved sansernes hjælp, at den en stund fik mig til at tro, at kompasnaalens blaa ende netop er den, der peger mod syd; der stod nemlig intet bogstav eller mærke paa naalen. Først efter at have gaaet videre i den biologiske ring og atter bøjet mod nord, gik der et skolelys op for mig, og jeg fulgte kompassets blaa retning, indtil jeg kjendte mig igjen og var fri fortryllesen.

At en saadan ubevidst ledning og deraf følgende svingning til siden gør sig gjældende, hvor ikke sanseledningen er stærk og bestemt nok, er ogsaa en vel kjendt sag i militærverdenen, særlig under de militære øvelser paa exerceerpladsene, idet en bred frontmarsch, saakaldet «linjemarsch», er meget vanskelig at præstere og forlanger af retningsmanden

en nøjagtig indsigtning og stadig fastholden af sigtemaalet under marschen, før at den skal lykkes.

Til slutning fremlægges ogsaa nogle krokier af *roture* i taage. Beretningerne med karttegninger er mig overladt af hr. amtsskolebestyrer *P. Dybdahl*:

1. «Under sildefisket i Gulosen for et par aar siden (1895) havde Andreas Torgersen og hans kammerat sat garn ved sorlandet og var omtrent færdig med optagningen (af garnene) om morgenen, da fjorden fyldtes med frostrøg, saa de ikke kunde se baadslængden foran sig. De løsnede dog baaden og begyndte — som de troede — at ro over mod Bynæslandet. De boede nemlig paa gaarden Mule. Efter ca. en times roning stødte baaden mod en kagge (flydetonde), der viste sig at være deres egen «opsto» (fæsteplads), som de nys havde forladt. Endnu engang gjentog det samme sig. Dog passeredes kaggen (flydetonden, fæstepladsen) denne gang i en aarelængdes afstand. De opgav nu roningen og tog tillands i Buviken til ud paa eftermiddagen. Der var altsaa dannet to veritable ringe, om hvis størrelse og form vedkommende selvfølgelig ikke kunde have nogen mening; men efter tidsopgivendet maa der mindst være roet $1\frac{1}{2}$ (norsk) mil. Der var lidt sondenvind, men smult vand. Mændene sad begge tilrørs.» (Fig. 15).
2. «John Stolan og kammerat af Froien rodde i taage fra Hammervik til Indtian (fig. 16), men rodde først rundt en liden holme og tog saa land langt ude ved Sistrand. Derfra gjorde de saa en bué til samme side og stødte paa en kjendt holme, hvorfra de holdt kursen ret paa Indtian, da vejret var lidt sigtbart, hvorefter de saa fulgte landet, til de kom frem. Tilfældet er forsaavidt interessant, som retningen kan konstateres paa grund af de tre holmer og somærket, hvormed der blev gjort bekendtskab undervejs. Desuden er der den mærkelighed — skriver beretteren — at de begge gange ror tilhøjre, skjønt baade Stolan og kammeraten var højrehændte (ikke kjævhændte). Det almindelige er nemlig, at de da ror tilvenstre.»
3. «Rolf X, en mand, der drev med kilenoter, havde lagt sig i baaden til at sove, medens kammeraten gik hjem efter noget landgarn. Der var stærk taage, og sjoen flodde. Da gutten kom tilbage, var baaden drevet tilfjords. Der blev nu opstuds. Taagen varede hele dagen, og først udpaa eftermiddagen kom manden tillands noksaa medtagen. Han havde da roet i ring oppe i en ca. 4 km.

bred bugt, indtil hans raab blev hørt af nogle folk i Sæterbugten. Beskaffenheden af ringene kan selvfølgelig ikke angives; men manden roede næsten hele tiden og maatte saaledes være avanceret et par mile» (fig. 17).

VI.

Lovens betydning.

Jeg staar nu ved afslutningen af et arbejde, der henleder opmærksomheden paa en naturlov, gammel som livet paa jorden og dog ny, hemmelig og skjult i organismens bygning og dog aabenbar i utallige velkendte fænomener, en lov, der ligesom alt i naturen maa have sin mening, og spørgsmaalet blir da, hvilken betydning har denne ejendommelige form af dyrisk bevægelse for de væsener, der ejer den.

Jeg har allerede nævnt, at den drager med uimodstaaelig magt det dyr, der endnu ikke ejer erfaringens skat, eller som under sin bevægelse af en eller anden aarsag mister besindelsen eller sansernes sikre ledning, tilbage til det sted, hvor sanserne sidst arbejdede normalt, og hvor alle betingelser for livets ophold er tilstede. Og naar man erindrer, hvor bundne dyrene er af bestemte naturforhold, og hvor hjælpeløst dyrenes afkom er i den første tid af dets liv, enten det saa er paa grund af livsbetingelsernes lokalisation eller paa grund af nødvendigheden af forældrenes beskyttelse og næringshjælp, vil man ikke finde det for meget sagt, naar jeg kalder denne lov en af de væsentligste betingelser for livets bevarelse.

Fantasi og overtro har med begjærlighed grebet denne naturlivets mystik og skabt af den hemmelige naturlov en overnaturlig magt, der leder menneskets gang og dermed dets skjæbne i modsætning til baade dets vilje og dets kundskab. Det norske landsfolk plejer i almindelighed at kalde denne vandring i ring: «at træde paa vildstraa», altsaa at fare vild; men det er i virkeligheden netop det modsatte. Det er at lyde den i dyr og mennesker boende lov, der tvinger dem til altid paany at træffe det sted, hvorfra fejlvandringen først gik ud. *I naturens rige er det omsorgen for, at det levende aldrig skal fare vild*, men altid gjenfinde det sted, som ejer alle de nødvendige betingelser for livets ophold

og væxt, de lokaliteter og omgivelser, der yder beskyttelse og næring, før afkommet endnu har lært at bruge sine sanser og evner, det hjemsted, som alle dyr saa ofte maa vende tilbage til under livskampen, hvad enten det er koens melkerige yver, honens varmende vinger og ledende erfaring eller den af moderinstinktet udvalgte plantevæxt.

Paa den anden side har det ofte været mig paafaldende, hvor let et ganske ungt dyr har for at gaa tilgrunde, naar det efter at være optaget eller indfanget af mennesker atter hensættes i naturen, uden at man sørger for, at det kommer i rapport med forældre eller søskende eller med føde- eller findestedets lokalitet.

I «Norsk Jæger- og Fisker-Forenings Tidsskrift» for aaret 1888 berettes der saaledes (side 223), at der nævnte aars sommer «under vedhugsten i en almenning døde flere kuld storfugl- og aarfuglkyllinger, kun fordi de blev baarne et kort stykke bort fra moderen, der paa grund af huggernes nærværelse og den opgjorte stokild ikke turde nærme sig kyllingerne, medens disse enten ikke kunde høre moderens lok eller ikke kunde vandre saalangt eller saa rigtigt, som det fornødigedes. De gjenfandtes saa godt som alle døde den næste morgen. Omkring 50 stykker barfugl gik tilgrunde under nævnte tommerhugt.»

Saaledes lyder beretningen, og jeg finder den at være et illustrerende eksempel paa den biologiske lovs betydning, idet den nævnte barfuglyngel maa antages at have vandret i ring der, hvor den af menneskehænder blev hensat, medens modrene — ikke af frygt for mennesker; thi denne frygt opvejes fuldstændig af omsorgen for yngelen, noget man har eksempler nok paa, men tvungen af instinktet — forgjæves har ventet paa, at yngelen ifølge ringbevægelsens lov skulde komme tilbage til det sted, hvor de skiltes, og altsaa atter maatte mødes og vilde have mødt hverandre, ifald menneskets (vedhuggernes) indgriben ikke havde forstyrret livets normale gang. Fænomenet er altsaa reversen af lovens virkning, saaledes som jeg omtalte den, da jeg nævnte, som vel bekjendt, den kjendsgjerning, at dyrene havde saa let for at finde hverandre igjen. Det vil være fuldt forstaaeligt, at begge fænomener bundet i den samme lov, har samme aarsag og samme udspring, kun at den magt, der frelser det unge liv paa det hjemlige sted og i moderens følge, dræber det nu i dets ensomme stilling, ude af stand, som det er, til at komme i forbindelse med hjemmets næring eller moderens varmende bryst.

Jeg tror derfor at kunne udtale, at alle de unge dyr hurtig vilde gaa sin sikre undergang imøde, ifald de ikke havde livets ledende ringbevægelse at falde tilbage paa, særlig — i hvert fald — saalænge de endnu

ikke har lært at bruge sine sanser og slutningsevner. De maa alle tage fejl og forsynde sig; men naturen maa ogsaa eje barmhjertighed og tilgivelse for dem og føre dem paa ret vej igjen, og dette er det, den gjør ved at lede dem, mod deres vilje og vidende, tilbage til det sted, hvor betingelserne for livets fortsættelse og væxt findes. Kort sagt, *naturens opdragelseskunst vilde være uforstaaelig uden ringbevægelsens lov.*

Vi har ogsaa seet, hvorledes den samme lov ligger til grund for et *lokalinstinkt* i den højere dyreverden, nemlig trangen til at søge tilbage til det sted, hvor dyret tabte sin kammerat, og dermed evnen til med lethed at finde sit følge igjen. Hvor langt dette instinkts betydning og rækkevidde naar, kan jeg endnu ikke — om nogensinde — sige; men jeg maa antage, at disse bevægelsens grundformer og det derpaa byggede instinkt maa staa i nær forbindelse med den hjemkærlighedens lov eller det lokalinstinkt, hvorpaa de store aarlige dyrevandringer er opbyggede.

Og er det mig tilladt at kaste et blik udover nærværende arbejdes ramme, idet jeg tør forudsætte loven anerkjendt af den videnskabelige verden, vil det let forstaaes, hvilket godt middel den kan blive ved undersøgelsen af sansernes funktion hos de forskjellige grupper og arter af dyr. Det er en bekjendt sag, at store dyregrupper, særlig i de lavere rækker, endnu er ukjendte, hvad organernes brug og sansernes ledning af bevægelsen angaar, og her vil den paaviste lov, forsaavidt som den gjør sig gjældende, sandsynligvis kunne blive et godt instrument, ved hjælp af hvilket man vil kunne skille mellem sanseorganernes funktioner og betydning.

Og længere nede i dyrerækkerne vil man maaske naa et stadium, hvor den fysiologiske circularbevægelse er dyrets eneste bevægelse ved siden af den mekaniske paavirkning og dyrets fysiologiske reaktion.

I tilfælde af en saadan fænomenalitet tør den fysiologiske circularbevægelse, naar dens realitet og omfang bliver tilstrækkelig undersøgt og kjendt, maaske vise sig at være af større biologisk betydning og aabne videnskaben et videre arbejdsfelt, end vi nu aner.

I hvert fald tør jeg tro, at man allerede nu med nogen ret kan betragte den paaviste fysiologiske circularbevægelse som dyrenes *grundbevægelse*, der altid maa tages med i betragtning ved studiet af det dyriske livs udviklingsfaser, hvad enten det gjælder den enkelte arts biologi eller en større gruppes psykiske genealogi.

VII.

Resumé.

1. Bevægelsens retning hos hvirveldyrene er uden sanseledning lov-
bunden og circulær.
 2. Denne bevægelsesretnings årsag er fysiologisk og beror paa en
asymmetrisk funktionalitet i det dyriske legeme.
 3. Den ved organismens funktionelle og morfologiske asymmetri frem-
kaldte circulærretning i bevægelsen indvirker under visse omstæn-
digheder paa den saakaldte frie bevægelse i naturen og fremkalder
en biologisk ring, hvis form er resultanten af den fysiologiske
circulærbevægelses og den sansebestemte, vilkaarlige bevægelses
retning.
 4. Den fysiologiske circulærbevægelse og den deraf fremgaaede biolo-
giske ringbevægelse er en væsentlig betingelse for det dyriske livs
bevarelse og væxt.
 5. Den fysiologiske og den biologiske ringbevægelse tør antages at
ligge til grund for de lokale instinkter og de derpaa byggede psy-
chiske love.
 6. Den fysiologiske circulærbevægelse og dens virkninger vil i viden-
skabens haand kunne blive et brugbart middel til bestemmelse af
sanseorganernes funktionelle betydning.
 7. Den fysiologiske circulærbevægelse tør betragtes som dyrets *grund-
bevægelse* og er sandsynligvis hos de laveste dyr den eneste existe-
rende og saaledes livets første og oprindelige bevægelse.
-

lest i Snetukke.
 Reddelt af Proust Schielderup.
 rde Trondhjems Amt.

Fig. 8.

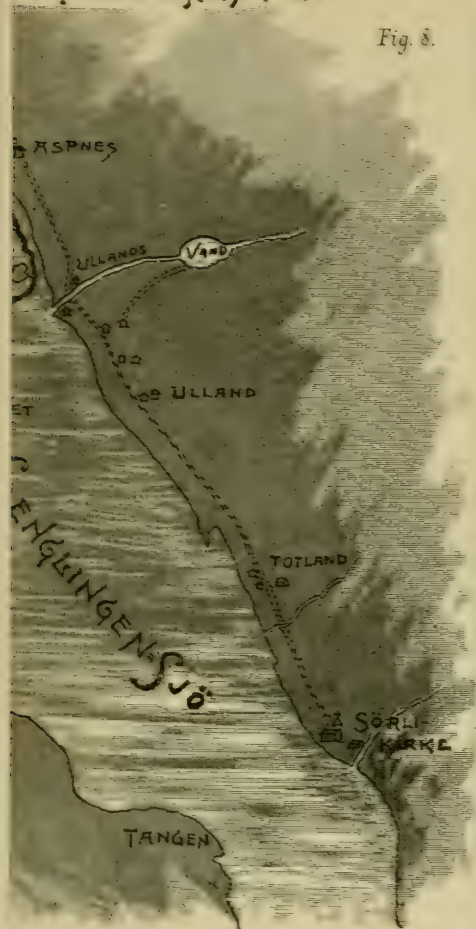
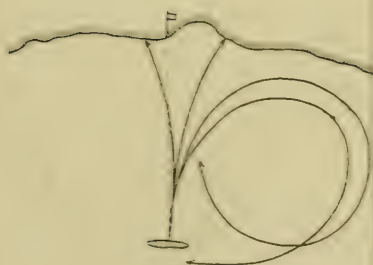
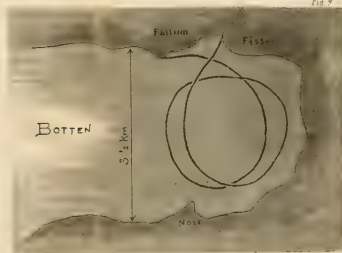


Fig. 5



Ringsvandrings af en Hest paa Indjøen Botten i
Rissen (S. Trondhjems Amt).
Afdelt af Amtskolebystyrer Dybdahl



Ringsvandrings af en Hest i Snetykke.
Afdelt af Provst Schielderup
Ligene i Nordre Trondhjems Amt.



Harelog i Christiania Omegn ovenfor Gaustad.



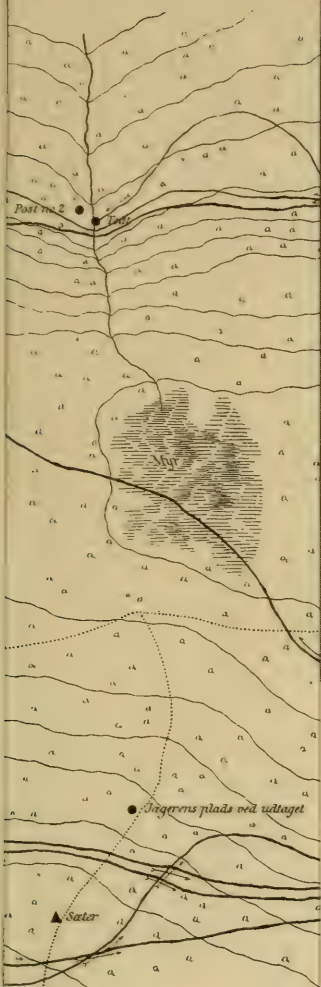


Fig. 17

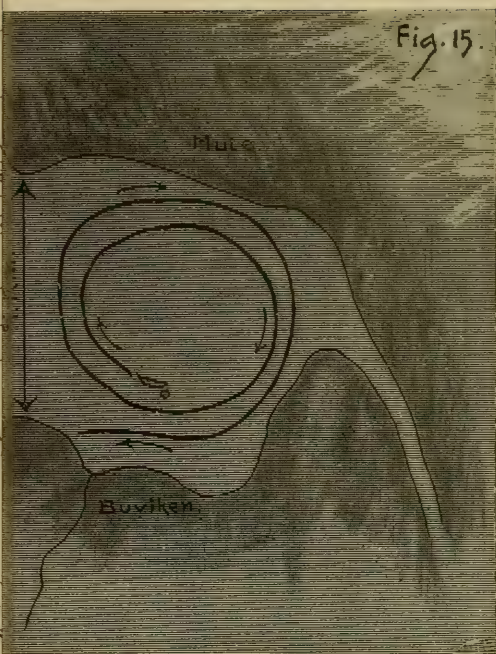
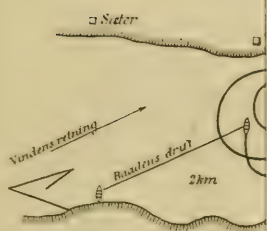


Fig. 15

Harelos i Trondhjems Omegn.
afdelte af Kpr. Schytte.

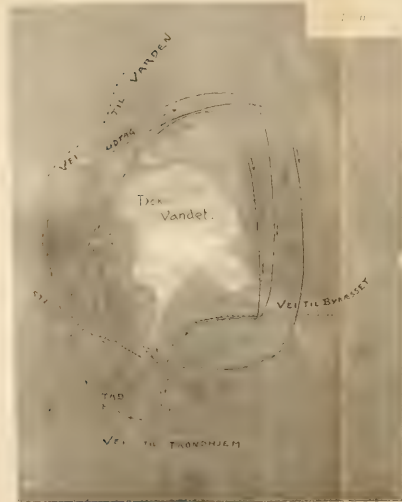


Fig. 12

Harelos i oktober 1891

1 km. 1000

Kontor gang
Natursti
Landskabs, Sten



Fig. 16



Fig. 13

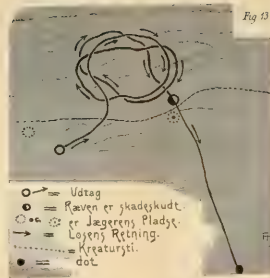


Fig. 15

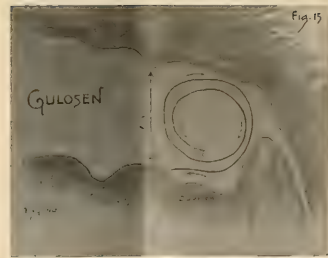
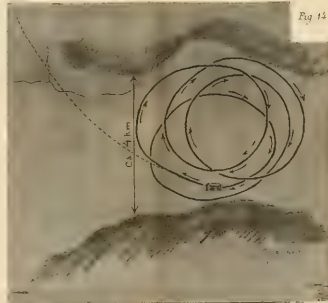


Fig. 14



Die quantitative Bestimmung
des
Trockenextraktes
in Bier und Würze

und das Verhältniss desselben zu dem specifischen Gewichte

Von

C. N. Riiber

LIBRARY
NEW YORK
BOTANICAL
GARDEN

Videnskabselskabets Skrifter. I. Mathematisk-naturv. Klasse. 1897. No. 5

Trykt paa Bekostning af Christiania Aktie-Ølbryggeri

Christiania

In Commission bei Jacob Dybwad

A. W. Brøggers Buchdruckerei

1897

Die quantitative Bestimmung des Trockenextraktes in Bier und Würze, und das Verhältniss desselben zu dem specifischen Gewichte.

Von C. N. Riiber.

«Die Bestimmung des Wassergehalts ist eine der am häufigsten vorkommenden, wie eine der wichtigsten Aufgaben der quantitativen Analyse.»
Dr. C. R. Fresenius.

In einem früher veröffentlichten Aufsätze (Zeitschrift für das gesammte Brauwesen 1891, S. 547 «Welcher Extraktgehalt der Würze ist der wahre?») hat der Verfasser die Frage nach der Bestimmung des Wassergehalts in Bier und Würze untersucht und erstens die Geschichte dieser Frage kurz erwähnt, dann die grosse Bedeutung derselben hervorgehoben nicht nur für die Zymotechnik sowohl in praktischer als in theoretischer Beziehung, sondern auch für die Untersuchung der Kohlenhydrate überhaupt, welche sich in Bieren und Würzen finden. Weiter wurde in derselben Arbeit bemerkt, dass die Frage durch die früheren Untersuchungen noch nicht als gelöst betrachtet werden könne; vielmehr stehen die verschiedenen Resultate gar nicht im Einklang mit einander. Die einzige sichere Folgerung, die aus den früheren Versuchen gezogen werden dürfte, wäre die, dass die Bestimmung des Trockenrückstandes je nach den verschiedenen Trockenverfahren verschiedene Resultate liefere.

Der Würzeextrakt scheint somit nach dieser Auffassung der Resultate sich so zu verhalten, wie chemische Verbindungen, die durch Dissociation zersetzt werden, in welchem Falle man ja nach Druck und Temperatur die Grenze der Dissociation verändern kann.

Ich mache aber in demselben Aufsatze darauf aufmerksam, dass man bei Bestimmung des Zeitpunktes während des Trocknens, wo dieses als beendigt zu betrachten ist, unrationell und willkürlich gearbeitet hat. Man geht nämlich von zwei Wägungen der trocknenden Substanz aus, und wenn die letzte Wägung, welche z. B. 2 Stunden nach der vorhergehenden ausgeführt ist, dasselbe Resultat liefert, so hat man «konstantes Gewicht» und das Trocknen ist ein vollständiges.

Man lässt aber ausser Acht, dass es nicht gleichgültig sein kann, ob die Substanz vorher nur 2 Stunden oder z. B. 24 Stunden getrocknet ist; im letzteren Falle kann man sich recht gut denken, dass die Substanz, welche nach $24 + 2$ Stunden keinen mit der Wage merkbaren Verlust gibt, doch noch nicht vollkommen trocken ist, sondern erst nach länger fortgesetztem Trocknen einem merkbaren Unterschied geben kann.

Die Zeit, in welcher das erste Trocknen bewirkt wird, bevor man das erste Wägen ausführt, muss daher in einem bestimmten Verhältnisse zu dem fortgesetzten Trocknen bis zur zweiten Wägung stehen, und zwar habe ich als Bedingung des vollendeten Trocknens aufgestellt, dass das zweite Trocknen ebensolange dauern muss, als das erste, um aus den zwei Wägungen auf beendigt Trocknen schliessen zu können.

Unter diesen neuen Bedingungen führte ich verschiedene Trockenversuche aus, bei welchen die strengeren Ansprüche verschiedene Veränderungen nothwendig machten, um das Trocknen zu beschleunigen, und ich kam dann zu dem überraschenden Resultat, dass alle Trockenversuche, welche nach unseren neuen Bedingungen für Gewichtkonstanz als beendigt zu betrachten sind, denselben Werth für den Extraktgehalt einer gegebenen Würze lieferten, so dass es bezüglich des Endresultates gleichgiltig ist, bei welcher Temperatur und bei welchem Drucke man trocknet. Unsere frühere Folgerung, dass das Resultat je nach den Temperatur- und Druckverhältnissen wechselte, war also falsch und hatte in den mangelhaften Bedingungen des konstanten Gewichts ihre Ursache, und die wechselnden Trocknungsbedingungen haben somit nur auf die Trocknungsdauer, nicht aber auf das Resultat Einfluss.

Dieses Resultat lässt sich nur dadurch erklären, dass wir unter den neuen Bedingungen den wahren Extraktgehalt erhalten haben, denn auf andere Weise lässt sich die Thatsache nicht erklären, dass wir unter so höchst verschiedenen Trocknungsbedingungen, wie z. B. einerseits einer Erwärmung auf 70°C und starker Luftverdünnung, und andererseits 25°C und gewöhnlichem Druck, doch denselben Werth mit derselben Würze erhalten.

Da die Ausführung solcher Trockenversuche mit Bier und Würze immer zeitraubend und umständlich werden muss, hat man schon seit

lange das specifische Gewicht der Würze und des Bierextraktes benutzt, um ihren Gehalt an festen Stoffen zu finden, zu welcher Bestimmung es aber nothwendig ist, eine Tabelle aufgestellt zu haben, welche es möglich macht, den Trockengehalt für jedes specifische Gewicht aufzufinden.

Ohne hier auf alle die Tabellen einzugehen, welche zu den verschiedenen Zeiten aufgestellt sind, muss ich mit einigen Worten die zwei Tabellen kritisiren, welche zur Zeit überwiegend benutzt werden, nämlich die «Ballings»sche und die «Schultze-Ostermann»sche.

Die erste wurde vor ungefähr einem halben Jahrhundert aufgestellt, und da Balling nach seinen Trockenversuchen annahm, dass man für die Praxis mit genügender Genauigkeit annehmen kann, dass Lösungen von Bierextrakt und Rohrzucker mit demselben Trockengehalte dieselben specifischen Gewichte besäßen, wurde diese Tabelle einfach mit Rohrzucker festgestellt.

Die «Schultze»sche Tabelle wurde erst 1878 veröffentlicht und stützte sich auf 20 direkte Trockenversuche mit Würze. Später (1883) wurden diese Versuche von L. Ostermann mittels der Methode der kleinsten Quadrate behandelt, und auf diese Weise eine Formel vom dritten Grade gefunden, welche die «Schultze-Ostermann»sche Tabelle repräsentirt.

Die erste Anforderung, die man an eine Tabelle stellen muss, ist natürlich, dass sie die wahren Trockengehalte angibt; dass dieses aber weder bei der «Balling»schen noch bei der «Schultze-Ostermann»schen der Fall ist, geht aus der eben citirten Arbeit des Verfassers hervor; es ist auch von mehreren anderen Autoren, die diese Sache untersucht haben, ausgesprochen; ich fand durch meine vorläufigen Versuche, dass die «Balling»sche ungefähr 2—3 Procent, die «Schultze-Ostermann»sche ca. 5 Procent der Trockensubstanz zu hoch angibt. In der vorliegenden Arbeit werden diese Zahlen genau bestimmt.

Wenn man aber auf den wahren Trockengehalt verzichtet, so muss doch die Tabelle eine zweite Forderung genau erfüllen, nämlich dass man in einer Extraktlösung mittelst der Tabelle denselben Extraktgehalt findet, auch wenn man sie mit beliebigen Mengen Wasser verdünnt, so dass verschiedene specifische Gewichte entstehen. Haben wir z. B. 100 Gram einer Würzelösung von speifischem Gewichte $17,5/17,5^{\circ}\text{C}$ 1,0404, so enthält sie nach der «Balling»schen Tabelle genau 10 Gr. Extrakt. Verdünnen wir nun die Lösung mit genau 100 Gr. Wasser, so muss die Lösung genau 5 % halten. Da nun diese Tabelle für 5 % ein sp. Gew. von 1,0200 angibt, so muss die verdünnte Lösung genau dieses sp. Gew. haben, wenn die Tabelle richtig ist. Auf dieselbe Weise muss man nach einer Verdünnung mit 300 Gr. Wasser eine Lösung mit 2,5 % Extrakt

haben, und daher nach der Tabelle ein sp. Gew. von 1,0100. Ist nun diese Forderung von den beiden Tabellen erfüllt?

Um diese Sache zu untersuchen, habe ich eine Reihe Verdünnungen mit Würze ausgeführt, und die gefundenen specifischen Gewichte mit denjenigen der Tabellen verglichen.

Solche Versuche sind, wie bekannt, früher von W. Schultze und J. Kjeldal ausgeführt.

Es wurden mit einer Würze von sp. Gew. $15^{\circ}/15^{\circ}\text{C}$. 1,05546 = sp. Gew. $17,5^{\circ}/17,5^{\circ}\text{C}$. 1,05529 drei Verdünnungen ausgeführt. Bezeichnet man mit dem Namen Verdünnungsfaktor das Verhältniss zwischen dem Gewichte der Flüssigkeit vor und nach der Verdünnung, so müssen die durch Multiplication des Gehaltes der ursprünglichen Würze mit diesem Faktor gefundenen Werthe des Würzeextrakts mit denjenigen der Tabelle stimmen.

Die folgende Uebersicht zeigt, ob dieses der Fall ist.

Verdünnung	Verdünnungs- faktor F	Sp. Gew. $15^{\circ}/15^{\circ}\text{C}$	Sp. Gew. $17,5^{\circ}/17,5^{\circ}\text{C}$	Gehalt nach Balling (B)	$B_1 \times F$	Differenz $B \div B_1 \times F$	Gehalt nach Schultze-0. (S)	$SO_1 \times F$	Differenz $S \div SO_1 \times F$	Meine Tabelle (R.)	$R_1 \times F$	Differenz $R \div R_1 \times F$
I	1,0000	1,05546	1,05529	13,545	13,545	0	13,962	13,962	0	13,227	13,227	0
II	0,7135	1,03903	1,03891	9,632	9,665	$\div 0,033$	9,960	9,962	$\div 0,002$	9,439	9,438	$+0,001$
III	0,5055	1,02740	1,02732	6,805	6,848	$\div 0,043$	7,060	7,058	$+0,002$	6,692	6,687	$+0,005$
IV	0,2617	1,01400	1,01396	3,486	3,545	$\div 0,059$	3,649	3,654	$\div 0,005$	3,461	3,461	0

Wie man sieht, stimmt die «Schultze-Ostermann»sche Tabelle gut mit den bei der Verdünnung direkt gefundenen Zahlen; dieses ist aber mit der «Balling»schen Tabelle nicht der Fall; die Abweichungen sind vielmehr weit grösser, als es sowohl beim praktischen als theoretischen Gebrauche zulässig ist; dividiren wir z. B. in Verdünnung IV den mit der Tabelle gefundenen Gehalt 3,486 mit dem Verdünnungsfaktor 0,2617, so findet man 13,321 anstatt 13,545; die Tabelle gibt also das absurde Resultat, dass fast 2 % des Trockengehaltes bei der Verdünnung spurlos verschwunden sind. Uebrigens muss hier bemerkt werden, dass ich durch zahlreiche Versuche gefunden habe, dass alle Würzen und Bierextrakte demselben Verdünnungsgesetz folgen, so dass die Differenz keine zufällige ist. Ausserdem kann hier angeführt werden, dass der Rohrzucker, mit welchem die Ballingsche Tabelle aufgestellt ist, sich bei der Verdünnung

genau so verhält, wie die Würze, so dass die grosse Abweichung auch hierdurch nicht erklärt werden kann.

Wie man sieht, erfüllen weder die «Balling»sche, noch die «Schultze-Ostermann»sche Tabelle die Forderungen, die man jetzt an eine gute Tabelle stellen muss; beide geben sie zu grosse Trockengehalte an, und die «Balling»sche steht ausserdem auch mit den Gesetzen der Verdünnung der Würze in Widerspruch.

Man muss sich aber erinnern, dass beide für ihre Zeit gute Dienste geleistet haben, und speciel die «Balling»sche ist ja ein halbes Jahrhundert in dem praktischen Betrieb fast überall benutzt worden; die grösseren Forderungen aber, welche die neuen Untersuchungen in der Zymotechnik an eine richtige und genaue Tabelle stellen, machen es höchst wünschenswerth, dass man die Untersuchung über den Trockengehalt der Würze und des Biers und sein Verhalten zu dem specifischen Gewichte wieder aufnimmt.

Im Anschluss an das oben Angeführte ist es daher der Zweck dieser Arbeit, erstens zu zeigen, dass es auch für den Bierextrakt gilt, wie früher für die Würze mitgetheilt ist, dass das beim Trocknen erhaltene Endresultat unabhängig von den Trocknungsbedingungen ist. Ferner wird eine eingehende Untersuchung darüber gegeben, welche Apparate und Trocknungsbedingungen man wählen muss, um auf die schnellste und zuverlässigste Weise die Trocknungsbestimmungen ausführen zu können, und zwar sowohl, wenn es in erster Linie nur die grösste Genauigkeit gilt, als wenn es besonders auf schnelles Ausführen ankommt.

Weiter ist die Aufgabe behandelt, das Verhältniss zu finden, in welchem diese Trocknungsgehalte zu dem specifischen Gewichte der Lösungen stehen, und zwar ist untersucht, ob alle Würzen, Bierextrakte etc. sich ähnlich verhalten, oder sich nennenswerthe Differenzen finden. Dieser Punkt ist früher fast unberücksichtigt gelassen, indem man ohne weiteres von der Annahme ausgegangen zu sein scheint, dass die verschiedenen Würzen und Bierextrakte derselben Tabelle folgen; nur Schultze sagt in seiner Tabellenarbeit beiläufig, dass der Bierextrakt 0,8% niedrigere Resultate gibt, als die Würze.

Für mich stellt sich die Frage vielmehr so, dass die chemische Zusammensetzung der verschiedenen Würzen und Bierarten so abweichend ist, dass es überhaupt zweifelhaft ist, ob man mit einer einzigen Tabelle selbst eine für die Praxis genügende Genauigkeit erzielen kann.

Bei allen diesen Untersuchungen habe ich mich bemüht, mit voller wissenschaftlicher Genauigkeit zu arbeiten, und ausserdem die Bestimmun-

gen mit Fehlerberechnungen begleitet, so dass die Resultate nicht nur mit der für die Praxis genügenden Genauigkeit ausfallen, sondern auch für die wissenschaftlichen Untersuchungen, welche in neuerer Zeit über Bier und Würze und die in diesen enthaltenen Kohlenhydrate ausgeführt sind, von Nutzen werden können, um so mehr, da die Fehlerberechnungen es möglich machen, mit Gewissheit zu sagen, ob die gefundenen Differenzen auf die unvermeidlichen Beobachtungsfehler in der Untersuchungsmethode oder auf äussere Ursachen zurückzuführen sind.

Die Methoden und ihre Genauigkeit.

Die Trocknungsapparate.

Da es, wie früher berührt wurde, bei diesen Trockenversuchen mit so hydropischen und leicht zersetzbaren Substanzen vor allen darauf ankommt, das Trocknen zu beschleunigen, so ist es mir eine Hauptaufgabe gewesen, einen speciellen Apparat zu konstruiren, welcher diese Bedingung möglichst erfüllt.

Machen wir uns nun klar, wovon ein rasches Trocknen bedingt ist, so finden wir, dass es von folgenden Umständen abhängig ist:

- 1) Einer Erhöhung der Temperatur.
- 2) Einer grossen Oberfläche der trocknenden Substanz, welche durch Aufsaugen der Flüssigkeit in einem porösen Stoffe wie z. B. Filtrierpapier erzielt werden kann.
- 3) Einer Druckverminderung, wodurch man eine grosse Differenz zwischen der Trocknungstemperatur entsprechenden Maximaldruck der Wasserdämpfe und dem Drucke im Apparate erzielt.
- 4) Dem vollkommenen Entfernen der aus der Substanz abgegebenen Wasserdämpfe, welche andernfalls das weitere Abgeben des Wassers verhindern würden.

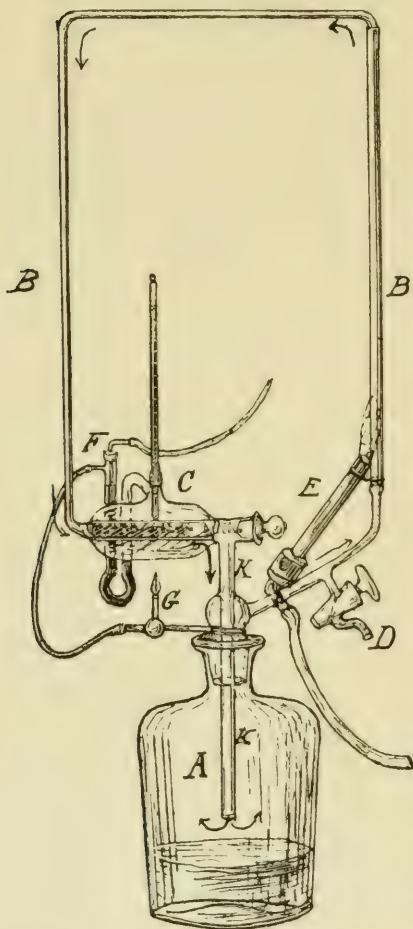
Dieses kann man entweder durch ein vollkommenes Evacuiren (z. B. mit einer Quecksilberpumpe) und Absorption der Wasserdämpfe durch starke Trockenmittel z. B. concentrirte Schwefelsäure oder Phosphorsäureanhydrid erzielen, oder auch durch Durchströmen der Substanz mit verdünnter, getrockneter Luft.

Es hat sich aber gezeigt, wie ich früher mitgetheilt habe (Zeitschrift für das gesammte Brauwesen 1891, S. 556, Versuche V), dass es beim Trocknen unter niedrigeren Temperaturen praktisch unmöglich ist, die zugeführte Luft vollkommen zu trocknen; bei dem genannten Versuche wurde die Luft durch drei Schwefelsäureflaschen geleitet, bevor sie in den

Trockenapparat trat, und doch kam man zuletzt bis zu einem Punkte, wo das Gewicht der Substanz je nach der Schnelligkeit der Luftzufuhr bald grösser, bald kleiner wurde, welches deutlich zeige, dass die Luft nicht vollkommen trocken war; die Thatsache erklärt sich dadurch, dass die Luft auch bei dieser Anordnung mit drei Trockenflaschen doch in verhältnissmässig kurzer Zeit in Berührung mit der Schwefelsäure kam.

Ich habe mich daher so eingerichtet, dass man die in dem Apparate eingeschlossene stark verdünnte Luft in eine stetige Cirkulation bringt, so dass sie nach der Berührung mit einem Trockenmittel, wie z. B. concen-

Fig. 1.



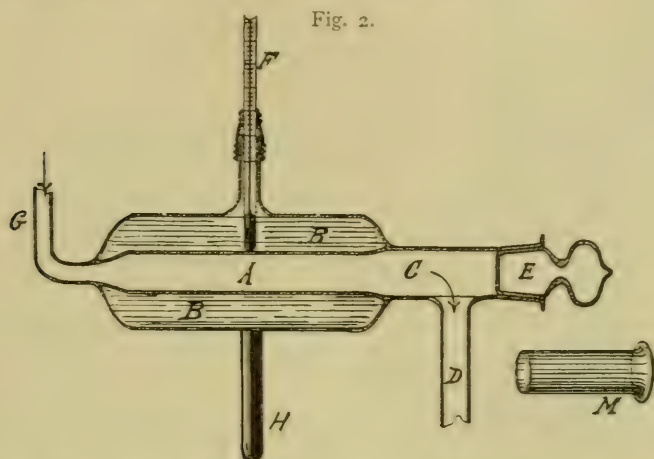
trirter Schwefelsäure, wieder durch die Substanz streicht und auf diese Weise das von der Substanz abgegebene Wasser an die Schwefelsäure abgibt, durch welche Anordnung die Zufuhr von Feuchtigkeit von aussen ganz ausgeschlossen ist.

Die genaue Einrichtung des Trockenapparats gibt nebenstehende Fig. 1 an. Er kann in drei Hauptbestandteile geteilt werden. Erstens die Flasche A, welche das Trockenmittel aufnimmt und ausserdem als Fuss des ganzen Apparates dient, zweitens das in einem Vierecke gebogene Cirkulationsrohr B und drittens der eigentliche Trockenapparat C, welcher, wie man aus Fig. 2 deutlicher sieht, aus einem inneren Glasrohr A besteht, das von einem Mantel B umgeben ist. Das Rohr A, welches die zum Trocknen bestimmte Substanz aufnimmt, geht links in das Cirkulationsrohr über, während es rechts durch das weitere Rohr C und das unten angebrachte Rohr D mit der Flasche in Verbindung steht.

Das Rohr C ist durch einen fein eingeschliffenen Stöpsel geschlossen.

Der gläserne Mantel B (Fig. 2) ist mit Vaselineöl gefüllt und dient dazu, das Rohr A, wo das Trocknen stattfindet, gleichmässig zu einer bestimmten Temperatur zu erwärmen. Um dieses automatisch zu erzielen,

ist, wie aus Fig. 3 ersichtlich ist, noch ein gebogenes, mit Quecksilber gefülltes Rohr *H* seitlich in Verbindung mit *B* gebracht, wodurch die Zufuhr des Leuchtgases in bekannter Weise durch die Ausdehnung des Vaselineöles so regulirt wird, dass die von dem Brenner *K* abgegebene Wärme eine ganz bestimmte Temperatur in dem Mantel *B* erhält. Die Temperatur, welche an dem Thermometer *F* beobachtet werden kann, hält sich bei dieser Anordnung sehr konstant und weicht von der gewünschten Temperatur selten mehr als $\frac{1}{2}^{\circ}$ ab.



Um den Mantel *B* vor den störenden Bewegungen der äusseren Luft zu schützen, kann man ihn oben und seitlich mit einem kleinen Asbestkasten umgeben.

Wie man an Fig. 1 sieht, ist dieser eigentliche Trockenapparat durch das Rohr *K* auf dem hohlen, eingeschliffenen Stöpsel der Flasche *A* angelöthet. Während das Rohr *K* bis $\frac{2}{3}$ Theil in die Flasche hineinreicht, geht seitlich von dem hohlen Stöpsel das Circulationsrohr *B* aus und kehrt zuletzt wieder zu dem Trockenapparate *C* zurück. Der rechte, senkrechte Theil dieses Rohrs ist, wie man auf der Zeichnung bemerkt, mit einem kupfernen Rohr umgeben, und durch Erwärmen dieses mittelst einer kleinen Flamme des «Bunsen»schen Brenners *E* erzielt man eine Erwärmung der in dem Circulationsrohre stehenden Luft, so dass diese aufsteigt und die durch die Pfeile angedeutete Richtung nimmt, und also in einem stetigen und zwar langsamen, aber für das Trocknen genügend schnellen Kreislauf durch den Apparat *C* streicht, und dann durch Berührung mit dem Trockenmittel in der Flasche *A* immer getrocknet wird, bevor sie wieder in dem Circulationsrohre aufsteigt.

Durch den Hahn *D* kann man je nach Belieben den ganzen Apparat mittelst einer Wasserstrahlpumpe evacuiren, oder nach beendigtem Trocknen die äussere Luft in den Apparat einlassen.

Die zum Trocknen bestimmte Flüssigkeit wird in aufgeschnittenem Filtrirpapiere aufgesaugt, welches in gläserne Röhren gefüllt ist. Fig. 4, a und b stellt ein solches Trockenrohr dar. Es ist, wie Fig. 4 a zeigt, an beiden Enden offen, um das Durchströmen der Cirkulationsluft zu ermöglichen, und kann während des Abkühlens und Wägens mit zwei dicht schliessenden gläsernen Kappen verschlossen werden.

Fig. 3.

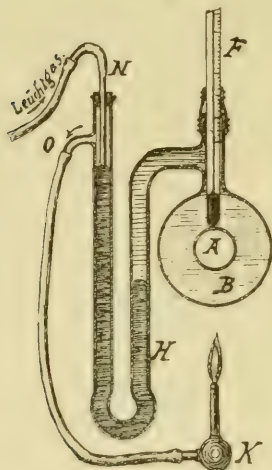
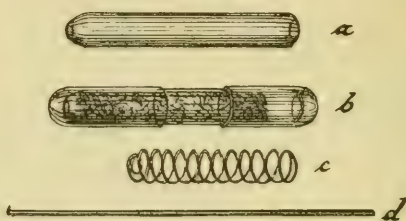


Fig. 4.



Das Rohr ist von c. 9 Cm. Länge, 1,2 Cm. äusserem Durchmesser und wiegt mit den zwei Kappen c. 8 Gramm, es wird mit c. 0,5 Gr. in ungefähr 3 mm. breite Streifen zerschnittenem und geknülltem Filtrirpapiere gefüllt, und mit c. 1 Ccm. der zu trocknenden Substanz beschickt.

Will man ein solches Rohr in den Trockenapparat bringen, so nimmt man den mit steifem Fette eingeriebenen Stöpsel *E* (Fig. 2) heraus, und setzt erst das Rohr *M* ein, um das Berühren des Fettes der Einschliffstelle mit dem Trockenrohre zu verhindern; dann schiebt man mit dem Messingdrahte *d* (Fig. 4) das Trockenrohr in das Rohr *A* ein, nimmt nun das Rohr *M* wieder heraus, führt dann die Spirale *c* bis an das Ende des Trockenrohrs hinein, und setzt den Stöpsel *E* wieder in seinen Schliff ein, wodurch das Trockenrohr durch die Spirale in der Verengung des Rohrs *A* gehalten wird, so dass die cirkulirende Luft zwar durch das Trockenrohr gehen, nicht aber zwischen das Trockenrohr und das Rohr *A* dringen kann.

Nach beendigtem Trocknen muss man natürlich durch den Hahn *D* wieder Luft in den Apparat lassen, bevor man das Trockenrohr herausnimmt, und zwar muss man bei feineren Versuchen diese Luft durch eine Schwefelsäureflasche gehen lassen, um das Wiederaufnehmen von Feuchtigkeit zu verhindern,

Wie man leicht einsieht, ist es mit diesem Apparate möglich, jede beliebige Veränderung in den Trocknungsbedingungen vorzunehmen.

Man kann auf jede Temperatur mit Leichtigkeit einstellen, jedes beliebige Trockenmittel verwenden, wie z. B. Chlorcalcium, concentrirte Schwefelsäure und Phosphorsäureanhydrid. Auch kann man nach Wunsch den Druck im Apparate verändern, und endlich lässt sich der Apparat leicht mit einer fremden Gasart, wie z. B. Wasserstoff oder Stickstoff füllen, so dass man auch das Trocknen in einer indifferenten Atmosphäre vornehmen kann.

Dieser Apparat hat sich als sehr effektiv und vollkommen erwiesen und ist sowohl bei gewöhnlicher Temperatur, als auch bei 60°, 80° und 100° C. benutzt worden. Der Luftdruck im Apparate war bei 60°, 80° und 100° circa 20 Mm. Quecksilberhöhe; bei gewöhnlicher Temperatur wurde der gewöhnliche Atmosphärendruck angewandt.

Bei allen Versuchen wurde als Trockenmittel concentrirte Schwefelsäure angewandt, da sie sich als am meisten praktisch und zuverlässig erwiesen hat.

Das Trocknen von Flüssigkeiten kann man in zwei Phasen teilen; anfangs wird der grösste Theil des Wassers, welches den Extrakt in Lösung hält, schnell abgegeben; später gibt der nun feste, noch wasserhaltige Rückstand das noch übrig gebliebene Wasser sehr langsam ab, und diese letzte Phase kann man daher als das eigentliche Trocknen bezeichnen.

Da bei der ersten Phase des Trocknens die weit überwiegenden Menge des Wassers abgegeben wird, so wird das Wegführen dieses Wassers in dem beschriebenen Circulationsapparate verhältnissmässig viel Zeit in Anspruch nehmen, weil die Luft hier langsam cirkulirt. Es ist daher oft zweckmässig, dieses Wasser auf andere Weise zu entfernen, bevor man die Substanz in den Cirkulationsapparat bringt.

Beim Trocknen in gewöhnlicher Temperatur wurde daher das Trockenrohr erst 6 Stunden mit auf gewöhnliche Weise getrockneter Luft rasch durchströmt, bevor es in den Cirkulationsapparat gebracht wurde, und in diesem vollkommen getrocknet.

Ebenfalls wurde bei dem Trocknen bei 100° C. unter Druckverminderung zuerst das Wasser in einem weiteren Glasrohre, welches oben mit einem Kautschukpfropfen verschliessbar war, durch Evacuiren mit der Wasserstrahlpumpe ausgekocht. Dieses Rohr wird in eine Kolbe hinein-

Fig. 5.



gelassen (Fig. 5) und durch die Dämpfe des kochenden Wassers erwärmt. Nach einem halbstündigen Trocknen wird das Trockenrohr in den Circulationsapparat eingelegt.

Bei dem Trocknen bei 60° und 80° C. ist diese Operation unnöthig, weil das eigentliche Trocknen hier weit langsamer geht, als bei 100° C., und deshalb die Zeit, welche das Auskochen und Entfernen des Wassers bedarf, ohne nennenswerthen Einfluss ist; nur muss man darauf sorgfältig achten, dass der Druck so niedrig ist, dass er unter dem Maximaldrucke des Wasserdampfs bei der Zimmertemperatur liegt; sonst condensirt sich das Wasser in dem Circulationsrohre und wird dann nur langsam von dem schwachen Luftstrome weggeführt. Ist aber der Druck geringer, so werden die Dämpfe direkt von der Schwefelsäure aufgenommen.

Um mit Sicherheit zu entscheiden, mit welcher Genauigkeit die Trockenversuche gemacht werden können, ist es notwendig, die entsprechenden Differentialformeln aufzustellen.

Bezeichnet man das Gewicht des mit Filtrirpapier und Flüssigkeit beschickten Rohres *vor* dem Trocknen mit V und *nach* demselben mit E, und endlich mit R das Gewicht des nur mit Filtrirpapier versehenen und getrockneten Rohres, dann ist das Extraktprocent:

$$e = \frac{E \div R}{V \div R} \cdot 100.$$

Durch Differentiation dieser Gleichung erhält man folgende Formeln für die Fehlerberechnungen:

$$(1) \quad de = \div 100 \frac{V \div E}{(V \div R)^2} d R.$$

$$(2) \quad de = \frac{100}{V \div R} d E.$$

$$(3) \quad de = \div \frac{e}{V \div R} d V.$$

R beträgt nun circa 8 Gr., V circa 9 Gr., und E bei einer 10% Lösung also 8,1 Gr.

Nun können durch das Wägen die Gewichte von V, E und R mit einem Werth von circa 0,03 Mgr. als grösste Fehler bestimmt werden, wenn die benutzten Gewichtstücke korrigirt sind; dieses entspricht folgenden Fehlern in der Bestimmung des Werths von e:

$$d R = 0,03 \text{ Mgr. } de = \div 0,003 \%$$

$$d E = \text{ » } \text{ » } de = + 0,003 \%$$

$$d V = \text{ » } \text{ » } de = \div 0,0003 \%$$

Wie man sieht, kann man im ungünstigsten Falle, wo die durch d R und d E veranlassten numerischen Fehler sich addiren, einen grössten

recht grosser Fehler. Allerdings haben wir hier den überhaupt ungünstigsten Fall betrachtet, und ein so grosser Unterschied wird nur sehr selten vorkommen, wenn man aber bedenkt, dass zwischen diesen Versuchen oft Wochen, ja Monate liegen können, in welcher Zeit sowohl Temperatur wie Atmosphärendruck bedeutende Veränderungen erleiden können, wird man zugeben, dass die Reduktion nothwendig ist, und es ist kaum zweifelhaft, dass das Unterlassen dieser Vorsichtsmassregel bei früheren Versuchen mehrere Irrthümer veranlasst hat.

Weiter habe ich untersucht, ob das strenge Einhalten eines bestimmten Druckes während des Trocknens nothwendig wäre, um vergleichbare Resultate zu erhalten. So fand ich mit derselben Flüssigkeit:

I. Mit Apparat No. 1 Druck 15 Mm. Quecks.h. 10,774 %.

„ — „ 2 — 40 „ — 10,777 „

Da der Apparat No. 1 immer ein Paar Tausendtheile niedrigere Resultate giebt, als der Apparat No. 2, so ist eine solche Differenz ohne Einfluss.

Die Temperatur muss dagegen einigermaßen konstant gehalten werden, indem grössere Schwankungen als 1° C. nicht ohne Nachtheil vertragen werden können.

Weiter kann man sich denken, dass es nicht gleichgültig sei, welche Concentration der Lösung bei dem Trocknen benutzt wird; so wäre es denkbar, dass eine unverdünnte Würze von 20 % Extrakt ein höheres Resultat geben würde, als die bis 10 % verdünnte, wenn man im letzten Falle durch Multiplication mit dem Verdünnungsfaktor den ursprünglichen Gehalt berechnen würde.

Um dieses zu entscheiden, habe ich zwei solche Versuche ausgeführt.

I. Bockbierwürze, unverdünnt, gab nach zwei Tage Trocknen bei 80° C. 18,998 % Extrakt.

II. Dieselbe Würze, bis ca. 10 % verdünnt, gab nach der Multiplication mit dem Verdünnungsfaktor 18,993 % Extrakt.

Wie man sieht, hat dieser Umstand einen kleinen Einfluss; dieser ist aber ohne nennenswerthe Bedeutung, wenn man sich vergegenwärtigt, dass Würzen mit 20 % Extrakt selten vorkommen. Eine Verdünnung der untersuchten Würzen bei derselben Concentration, um vergleichbare Zahlen zu erhalten, muss daher als unnöthig bezeichnet werden und wurde niemals von mir vorgenommen.

Endlich habe ich untersucht, ob der in dem beschriebenen Cirkulations-Trockenapparate stattfindende schwache Kreislauf der Luft von wesentlicher Bedeutung für das Trocknen ist, indem ich mit derselben Würze einen Trockenversuch *mit* und einen *ohne* Cirkulation ausführte.

Diese Versuche gaben folgendes Resultat:

- I. Culmbacherwürze 2 Tage bei 80° C. mit Cirkulation getrocknet 15,210 %
 II. — — — — — ohne — — — 15,627 »

Wie man sieht, befördert die Cirkulation in wesentlichem Grade das Trocknen; es ist aber von geringem Einfluss, ob die Schnelligkeit der Luftcirkulation Schwankungen unterworfen ist, ob mit anderen Worten die Flamme des Bunsenschen Brenners etwas mit dem Gasdrucke wechselt; ich habe immer so stark erhitzt, dass der obere Theil des kupfernen Rohres so heiss ist, dass Berührung desselben mit der Hand eben unangenehm ist.

Ausser mit diesem Apparate habe ich auch mit dem früher von mir (diese Zeitsch. 1890, S. 97) beschriebenen Vacuumtrockenapparate einige Trockenversuche bei 100° C. ausgeführt, da dieser Apparat speciell für das bequeme Ausführen technischer Analysen geeignet ist.

Die Bestimmung des specifischen Gewichtes.

Wenige Bestimmungen in der Physik und Chemie sind so einfach in ihrem Princip, wie die Bestimmung des specifischen Gewichtes von Flüssigkeiten, aber diejenigen, welche mit solchen Arbeiten vertraut sind, werden gewiss zugeben, dass sie weit schwieriger sind, als man sich gewöhnlich vorstellt, wenn es sich um eine grosse Genauigkeit handelt. Selbst ein Fehler von 0,0001 ist nicht ohne weiteres leicht zu vermeiden, und wenn eine Genauigkeit von 0,00001 gefordert wird, ist die Ausführung der Aufgabe mit grossen Schwierigkeiten verknüpft. Es handelt sich nicht nur darum, die einzelnen Operationen mit der peinlichsten Sorgfalt auszuführen, es machen sich ausserdem mehrere andere fremde Faktoren bei dem Endresultate geltend, weshalb es nothwendig ist, diese Umstände, welche die Genauigkeit des specifischen Gewichtes beeinflussen, genau zu untersuchen.

Da bei solchen feinen Bestimmungen nur das Pyknometer zur Verwendung kommen kann, werden wir nur die Fehler der Pyknometerbestimmungen untersuchen.

Bezeichnet man mit s das relative specifische Gewicht und mit p das Gewicht des leeren Pyknometers, ist ferner w das Gewicht des mit der zu untersuchenden Flüssigkeit gefüllten, und v das Gewicht des mit Wasser gefüllten Pyknometers, so hat man die Gleichung

$$s = \frac{w \div p}{v \div p}$$

Durch Differentiation bekommt man dann folgende Formeln; wenn man mit W das Gewicht des Wassers bezeichnet, und sich erinnert, dass $v \div p = W$:

$$(1) \quad ds = \frac{s \div I}{W} dp.$$

$$(2) \quad ds = \frac{I}{W} dw.$$

$$(3) \quad ds = \div \frac{s}{W} dv.$$

Diese Formeln werden wir später verwenden, wenn wir genauer die Fehler dp , dw und dv betrachtet haben.

Was nun den Ausdruck specifisches Gewicht selbst betrifft, so wird hier immer das relative specifische Gewicht gemeint, und zwar der Quotient zwischen den Gewichten desselben Volumens der betreffenden Flüssigkeit bei der gewählten Normaltemperatur und des Wassers bei *derselben* Temperatur. Als Normaltemperatur habe ich 15°C. gewählt, und alle Versuche sind bei dieser Temperatur ausgeführt; da aber auch $17,5^{\circ} \text{C.}$ (14°R.) vielfach benutzt wird, ist auch der Uebergang von $\text{Sp. } 15^{\circ}/15^{\circ} \text{C.}$ bis $\text{Sp. } 17,5^{\circ}/17,5^{\circ} \text{C.}$ genau bestimmt.

Man muss sich erstens erinnern, dass es nothwendig ist, um den genauen Werth des specifischen Gewichtes zu finden, alle Wägungen zur Luftleere zu reduciren, und alle Angaben in den folgenden Untersuchungen sind auf diese Weise ausgeführt. Unterlässt man eine solche Reduktion, wird man bei sonst sorgfältiger Arbeit unter ungünstigen Umständen leicht Fehler in der 4ten Decimalstelle erhalten.

Bezeichnet man mit q die Angabe der Gewichte beim Wägen eines Pyknometers, mit p das Gewicht in der Luftleere, mit v das Volum der durch das Pyknometer verdrängten Luft, mit d das sp. Gw. der benutzten Gewichte und endlich mit σ_t das Gewicht eines Ccm. Luft, so hat man folgende Formel für das Berechnen des Gewichtes im luftleeren Raume:

$$p = q + \sigma_t \cdot \frac{1}{d} (vd \div q).$$

Wenn wir nun untersuchen wollen, wie grosse Fehler in dem specifischen Gewichte entstehen durch Ungenauigkeiten in der Bestimmung des Gew. des leeren Pyknometers, des mit Wasser und des mit der zu untersuchenden Lösung gefüllten Instrumentes, und wenn wir deswegen die oben gefundenen Differentialformeln betrachten, so sehen wir zunächst, dass das sp. Gew. der Lösung, s , nur in dem Zähler des Bruches vorkommt, und deshalb dp und dv eine um so grössere Fehlerwirkung auf das sp. G. ausübt, je höher s ist. Um daher den ungünstigsten Fall zu betrachten, können wir z. B. $s = 1,1$ setzen; dieser Werth entspricht ca. 23 % Extrakt, und stärkere Lösungen kommen bei den vorliegenden Untersuchungen selten vor.

Betrachten wir also das von mir benutzte Pyknometer, welches 21,3 Gr. Wasser fasste, und wünschen wir die Fehler zu berechnen, welche ein Fehler in dem sp. Gewicht von 0,00001 veranlasst, so finden wir:

$$ds = 0,00001 \quad dp = 2,1 \text{ Mgr.}$$

$$ds = 0,00001 \quad dw = 0,2 \text{ »}$$

$$ds = 0,00001 \quad dv = \div 0,2 \text{ »}$$

Wie man also sieht, bewirkt eine Ungenauigkeit in der Bestimmung des Gewichts des leeren Pyknometers (p) nur einen relativ kleinen Fehler in dem sp. Gew.; eine einzige Bestimmung dieses genügt daher vollständig.

Dagegen ist es nothwendig, das Gewicht des mit Wasser und des mit der untersuchten Lösung gefüllten Pyknometers sehr genau festzustellen, indem hier schon ein Fehler von 0,2 Mgr. eine Abweichung in dem sp. Gew. von einer Einheit in der 5ten Decimalstelle hervorruft, und nur durch sehr grosse Vorsicht ist es möglich dies zu vermeiden.

In diesem Fehler verstecken sich nämlich eine ganze Reihe von Einzel Fehlern bei der Operation, wie der Fehler des Thermometers, welches bei der Temperirung des Pyknometers benutzt wird, die kleine Abweichung der Temperatur des Pyknometers von der Normaltemperatur, der Fehler bei dem Einstellen der Flüssigkeit auf der Marke, die wechselnde Feuchtigkeitshaut des Pyknometers beim Wägen, und endlich die eigentlichen Wägefehler, welche wieder von der Ausführung des Wägens, der Empfindlichkeit der Wage und der Genauigkeit der Gewichtkorrekturen abhängig sind.

Untersucht man die Sache näher, so wird man finden, dass ein Fehler von 0,1 ° C. in dem Thermometer bei einem sp. Gew. der Lösung von 1,1 eine Abweichung in dem sp. Gew. von 1,4 Einheiten in der 5ten Decimalstelle hervorruft, so dass also ein Fehler von 0,00001 durch einen Thermometerfehler von 0,07 ° C. in diesem sehr ungünstigen Falle bewirkt wird.

Der Fehler, welcher dadurch bewirkt wird, dass das Pyknometer nicht genau temperirt wird, beträgt pro 0,1 ° C.

$$\text{bei sp. Gew. 1,0} \quad - \quad 0,000012$$

$$\text{und bei » » 1,1} \quad - \quad 0,000026.$$

Ein Fehler von 0,00001 in dem sp. Gew. wird also in diesem Falle verursacht von

$$0,09 \text{ } ^\circ \text{ C. bei sp. Gew. 1,0}$$

$$0,04 \text{ } ^\circ \text{ C. » » » 1,1.}$$

Da das von mir benutzte Thermometer mit einer Genauigkeit von 0,01 ° C. korrigirt ist, und die Abweichung der Temperatur des Pyknometers von der vom Thermometer angegeben kaum 0,02 ° C. beträgt, so wird durch diese Temperaturfehler im schlimmsten Falle nur ein Fehler in dem sp. Gew. von 0,000004 verursacht.

Da das Capillarrohr des angewandten Pyknometers einen Diameter von 1,6 Mm. hatte, und die Flüssigkeitssäule mit einer Genauigkeit von 0,05 Mm. auf der Marke eingestellt werden konnte, so beträgt der Fehler höchstens 0,1 Mgr. und die dadurch verursachte Abweichung des sp. Gew. 0,000005.

Während die eigentlichen Wägungsfehler bei der benutzten Wage und Gewichten sehr gering, etwa 0,03 Mgr., und also ohne nennenswerthen Einfluss auf das Endresultat sind, so ist dagegen die Feuchtigkeitsschicht an der Oberfläche des Pyknometers eine sehr bedeutende Fehlerquelle, und hier steckt gewiss eine wesentliche Ursache der Unsicherheit in den Pyknometerbestimmungen.

Wenn nämlich das Pyknometer temperirt und eingestellt ist, und abgetrocknet wird, um das von dem Temperirbade anhängende Wasser zu entfernen, und nun auf die Wage gebracht wird, so nimmt es rasch an Gewicht zu, indem die Oberfläche sich wieder mit einer dünnen Feuchtigkeitsschicht belegt; die Gewichtszunahme konnte ich bei meinem Pyknometer bis 10 Minuten nach dem Einhängen beobachten. Diese Feuchtigkeitsschicht ist je nach der Temperatur verschieden; je höher die Temperatur, je dünner ist dieselbe; hätte nun das Pyknometer bei dem Einhängen zufällig eben die Temperatur des Wagenkastens, so bleibt nun nach 10 Min. das Gewicht konstant; ist die Temperatur desselben dagegen eine andere, ist sie z. B. während des Abtrocknens durch die Berührung des Pyknometers mit den Händen über diejenige des Wagenkastens gebracht, so wird das Pyknometer nur langsam die Temperatur des Kastens annehmen, und gleichzeitig sein Gewicht sich langsam verändern. So wurde in einem Falle das Gewicht erst nach 1 Stunde konstant, und die Temperatur des Pyknometers und diejenige des Wagekastens waren dann ausgeglichen.

Die vollkommene Vorsichtsmaßregel wäre das Wägen bei immer derselben Temperatur im Pyknometer und Wagenkasten, z. B. bei 17,5° C.; eine solche Regel aber ist in Wirklichkeit fast unausführbar.

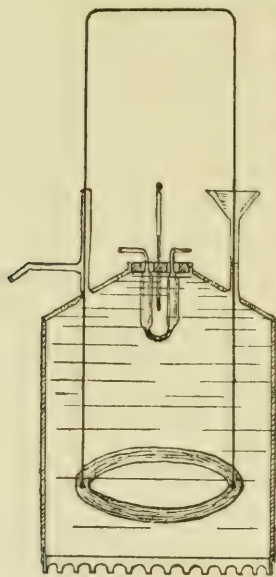
Ich habe mich daher damit begnügt, das Pyknometer vor dem Einhängen in den Wagenkasten ungefähr auf die Temperatur desselben zu bringen, und das Wägen genau nach 10 Minuten vorzunehmen; ich kann aber nicht verbergen, dass hier der schwache Punkt in der Bestimmung des specifischen Gewichtes liegt.

Es empfiehlt sich, bei genauen Pyknometerversuchen das Wassergewicht des Instruments durch einen Mittelwerth von mehreren, z. B. 5 oder 10 Observationen festzustellen; dadurch wird der hierdurch entstehende Fehler ohne nennenswerthen Einfluss, und da auch das Gewicht des leeren Pyknometers nur einen kleinen Fehler ausübt, so ist also die

Genauigkeit einer Bestimmung des sp. Gew. nur von der Untersuchung des mit der betreffenden Lösung gefüllten Pyknometers abhängig, und mit dem von mir benutzten Instrument wird man dann ohne Schwierigkeit eine Genauigkeit von 0,00001 erreichen; zahlreiche Bestimmungen haben in der That erwiesen, dass eine grössere Abweichung von dem Mittelwerthe bei Parallelversuchen sehr selten vorkommt.

Das benutzte Sprengelsche Pyknometer fasste ungefähr 21 Ccm., und wog mit dem gläsernen Bügel, in welchen es auf die Wage gehängt wurde, ca. 39,5 Gramm. Das eine, grosse Capillarrohr, welches die Marke trug, hatte einen inneren Diameter von ca. 1,6 Mm, und das andere, feinere, welches in eine Spitze ausgezogen war, ungefähr 0,8 Mm. innere Weite. Die genannte Spitze war mit einem angeschliffenen gläsernen Hütchen versehen, um das Verdunsten der Flüssigkeit während des Wägens zu verhindern; das grosse Capillarrohr, welches auf dem anderen Schenkel angebracht war, hatte eine so grosse Länge, dass die Flüssigkeit auch bei Erwärmen des Pyknometers bis 20 °C. nicht aus dem Rohre trat; ein Hütchen war daher hier unnöthig.

Fig. 6.



Das Temperiren des Pyknometers wurde in einem Wasserbehälter von ca. 12 L. Inhalt vorgenommen, und die kleinen Temperaturveränderungen während des Aufenthaltes des Pyknometers im Bade durch kleine Zugaben von erwärmtem beziehungsweise kaltem Wasser ausgeglichen.

Nebstehende Zeichnung gibt eine gute Konstruktion eines solchen Bades an. Der aus verzinnem Kupfer verfertigte Behälter ist aussen mit Filz bekleidet, um den Einfluss äusserer Temperaturverhältnisse zu verringern und hat oben drei Oeffnungen. Die mittlere weite ist mit einer flachen Korkscheibe verschlossen, durch deren Einschnitte das Pyknometer und das Thermometer eingesetzt werden; die zwei seitlichen rohrförmigen Oeffnungen dienen zum Einfüllen und Ablauf des Temperirwassers, und durch dieselben Oeffnungen geht auch der Bügel eines Rührers, so dass man durch Auf- und Niederbewegung dieses Bügels einen kräftigen Ausgleich der Temperatur des Bades bewerkstelligen kann.

Es genügen ca. 10 Minuten, um die Temperatur des Bades dem Pyknometer mitzuteilen, welches man durch die konstante Stellung des Flüssigkeitsmeniscus im Capillarrohre constatiren kann.

Nachdem nun die Flüssigkeitssäule in dem einen Schenkel durch einen kleinen zugespitzten Streifen von Filtrirpapier eingestellt, und das Pyknometer sorgfältig abgetrocknet ist, wird es, wie früher erwähnt, auf der Wage aufgehängt und nach 10 Minuten gewogen.

Handelt es sich um eine Bestimmung des specifischen Gewichtes zu praktischen Analysen, so genügt eine Genauigkeit desselben von 0,0001; der Weise wegen, auf welche solche Arbeiten oft ausgeführt werden, so kann man aber nicht einmal auf eine solche Genauigkeit Rechnung machen.

Die Ursache dieser Thatsache liegt in erster Linie in dem Unterlassen der Reduktion zur Luftleere. Wir wollen daher in der Kürze zeigen, wie grosse Fehler aus diesem Grunde im ungünstigsten Falle entstehen können.

Ist W das Gewicht eines Cubikcentimeters Wasser bei der Normaltemperatur, L das Gewicht desselben Volums Lösung, so ist das sp. Gew.:

$$s = \frac{L}{W}.$$

Hieraus finden wir

$$ds = \frac{dL}{W} \div s \frac{dW}{W}.$$

Erinnern wir uns nun, wie früher erwähnt ist, dass das sp. Gew. der Luft unter Umständen zwischen 0,00111 und 0,00128 liegen kann, und nehmen wir dann als den ungünstigsten Fall an, dass das sp. Gew. der Luft (σ_t) während des Wägens des Wassers 0,00128 betrug, und während des Wägens der betreffenden Lösung nur 0,00111 und dass das sp. Gew. der Lösung 1,1 ist, so finden wir

$$dW = \div 0,00113 \text{ Gr.}$$

$$dL = \div 0,00098 \text{ „}$$

also

$$ds = \div 0,00098 + 0,00124 = 0,00026.$$

Wir sehen also, dass im ungünstigsten Fall das specifische Gewicht fast 3 Einheiten in der vierten Decimalstelle zu hoch ausfallen kann.

Auch wenn man sowohl das Wasser, wie auch die Lösung zu derselben Zeit wiegt, also unter demselben Barometerstande und derselben Temperatur, macht man einen constanten Fehler, und zwar wird das gefundene specifische Gewicht zu hoch.

Ist nämlich in dem vorigen Beispiel σ_t konstant, so sieht man, dass annähernd ist

$$ds = (s \div 1) \sigma_t.$$

Untersucht man genauer diese Frage, indem man auch auf das Gewicht des leeren Pyknometers, wie auch den Auftrieb der Gewichtstücke

Rücksicht nimmt, so wird man finden, dass dieser Fehler von dem Gewichte des leeren Pyknometers nicht beeinflusst wird, und dass er durch die Gleichung ausgedrückt werden kann:

$$ds = \frac{s \div 1}{\frac{1}{\sigma_t} \div \frac{1}{d}}$$

in welcher d , wie früher, das sp. Gew. der benutzten Gewichte bedeutet. Sind aber die Gewichte, wie gewöhnlich, aus Messing verfertigt ($d = 8,4$), so kann hier, wo es sich nur um eine annähernde Fehlerberechnung handelt, $\frac{1}{d}$ ausser Acht gesetzt werden, und man hat wie früher

$$ds = (s \div 1) \sigma_t.$$

Wie man also sieht, ist das in Luft gefundene specifische Gewicht, auch wenn das sp. Gew. der Luft während des Wägens des Wassers und der Lösung unverändert ist, d. h. das sogenannte scheinbare specifische Gewicht, zu hoch, und steigt mit dem sp. Gew. der Luft (σ_t), und mit der Grösse ($s + 1$), oder mit anderen Worten mit dem Extraktgehalte einer Würze oder Bierextraktlösung, und die Abweichung von dem wahren specifischen Gewicht kann im ungünstigsten Fall bei einem sp. Gew. der Lösung von 1,1 und einem sp. Gew. der Luft von 0,00128 einen Werth von 0,00013 betragen.

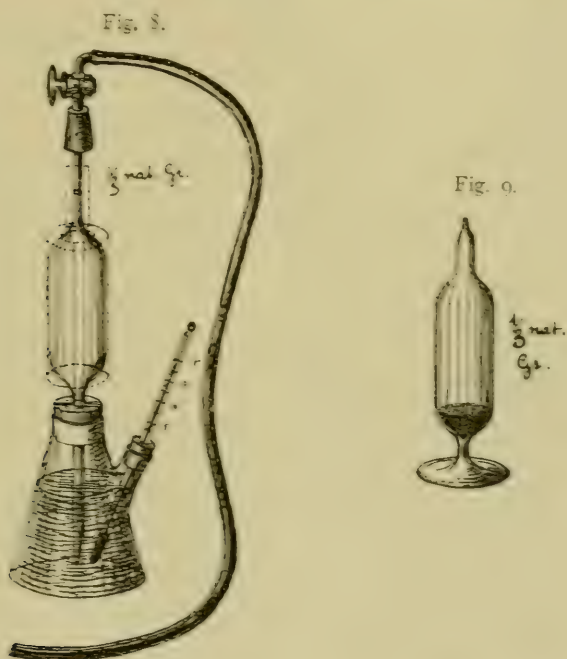
Es ist also auch bei technischen Arbeiten eine Reduktion zur Luftleere unerlässlich.

Fig. 7.



Oft wird eine unnöthige Grösse des Pyknometers vorgeschrieben; so geben die Vereinbarungen des landwirthschaftlichen Congresses in Wien 1890 an, dass eine Flasche von 100 Ccm. zu benutzen sei; man gewinnt aber nichts dadurch, denn steht eine Wage von 1 Mgr. Empfindlichkeit zu Gebote, was doch in jedem Laboratorium der Fall ist, so genügt vollständig ein Pyknometer von 20 Ccm. Fassung, denn erst 2 Mgr. Wiegefehler ruft einen Fehler von 0,0001 in dem sp. Gew. hervor. Eine grössere Genauigkeit ist in diesem Fall illusorisch, wenn man die Reduktion zur Luftleere unterlässt. Eine unnöthige Grösse des Pyknometers ist daher ohne Nutzen, schadet aber anderseits durch das gemein langsame Temperiren; so schrieben die eben-erwähnten Regeln des landwirth. Congresses in Wien vor, dass das Pyknometer 1 Stunde im Bade bleiben muss. Ein Sprengelsches Pyknometer von ca. 20 Ccm. Inhalt erforderte dagegen nur 10 Minuten. Eben in

dem Temperiren wird daher oft gefehlt, indem man es unvollständig ausführt, um Zeit zu ersparen, und eine solche Nachlässigkeit kann recht arge Fehler hervorrufen. Auch wenn ein in dem Pyknometer eingeschliffenes Thermometer die Normaltemperatur angibt, kann man nicht daraus sicher schliessen, dass das Pyknometer ganz temperirt ist, denn die äussere Schicht der Flasche kann eine andere Temperatur haben; das einzig zuverlässige Kennzeichen, dass das Temperiren vollständig ist, ist die constante Stellung des Flüssigkeitsmeniscus des Pyknometers, während eine ganz konstante Temperatur in dem Wasserbade herrscht.



Man ersieht hieraus, dass sowohl das vollkommne Temperiren des Pyknometers, wie auch die Reduktion der Gewichte zur Luftleere auch bei technischen Analysen ganz nothwendig ist; es erfordert aber viele Zeit, Arbeit und Rechnen.

Ich habe daher nach den bei dieser Arbeit gewonnenen Erfahrungen ein neues Pyknometer für sowohl exacte wie praktische Bestimmungen des sp. Gewichtes construiert, welches auf diese Forderungen Rücksicht nimmt, und ausserdem nur eine minimale Menge von Zeit und Arbeit erfordert.

Da die Bestimmung des sp. Gewichtes nicht nur in den zymotechnischen Laboratorium eine grosse Rolle spielt, sondern auch in fast allen anderen Laboratorien eine ausgedehnte Anwendung findet, so will ich hier eine ausführliche Beschreibung des neuen Instruments und seines Gebrauches geben.

Während alle bis jetzt angewandten Pyknometer so eingerichtet sind, dass sie nach dem Einfüllen der Flüssigkeit in einem Wasserbade temperirt und dann eingestellt werden, wird dieses neue Pyknometer so gehandhabt, dass man zuerst die Flüssigkeit in einer Kolbe durch Erwärmen oder Abkühlen unter ständigem Schütteln temperirt, und dann wird die Lösung in dem Pyknometer aufgesaugt und sofort bis zur Marke eingestellt. Hierdurch erzielt man eine bedeutende Zeitersparnis, da ein solches Temperiren in einer Kolbe nur eine, höchstens zwei Minuten erfordert, während das Temperiren im Wasserbade je nach Form und Inhalt des Pyknometers zehn Minuten bis eine Stunde erfordert; ausserdem fällt das Abtrocknen des Pyknometers weg, was sowohl Zeit in Anspruch nimmt, als auch das Wägen verlängert und erschwert.

Das Pyknometer, welches 20 Ccm. fasst, hat die Form einer gewöhnlichen Pipette (Fig. 7), und es kann unten mit einem angeschliffenen Rohre verschlossen werden; dieses Rohrstück ist mit einem gläsernen Fusse versehen, so dass das Instrument bequem auf der Wagschale angebracht werden kann.

Das Kölbchen, in welchem die untersuchte Lösung temperirt wird, ist auf Fig. 8 ersichtlich. Es fasst ungefähr 70 Ccm. und ist mit einem feinen, in $\frac{1}{5}$ oder $\frac{1}{10}$ ° C. getheilten Thermometer, und ausserdem mit einem aufgeschnittenen Kautschukpfropfen oben versehen, durch welchen die untere Spitze des Pyknometers eingesteckt wird.

Will man eine Bestimmung ausführen, so füllt man die Lösung in das Kölbchen, setzt das Thermometer und das Pyknometer in ihre Oeffnungen, umgibt das Pyknometer bei feinen Untersuchungen mit einer Papierhülle (siehe Fig. 7), setzt einen feinen gläsernen Hahn mittelst eines kleinen Kautschukpfropfens auf das obere Rohr des Pyknometers, und befestigt an dem anderen Ende des Hahnes ein ca. $\frac{1}{2}$ Meter langes Kautschukrohr, dessen freies Ende man in den Mund führt. Nun temperirt man den Inhalt des Pyknometers durch Erwärmen über einer kleinen Flamme oder Abkühlen durch Niedertauchen der Kolbe in einem Gefässe kalten Wassers unter stetigem drehenden Schütteln der Flüssigkeit; dann saugt man die Lösung zum ersten Mal in den Pyknometer auf, und lässt sie einige Sekunden darin stehen, um die Temperatur der Flüssigkeit und des Glases des Pyknometers auszugleichen, wonach man die Lösung wieder in die Kolbe bläst und temperirt ganz genau; bei Bestimmung mit einer Genauigkeit von 0,00001 muss die Temperatur auf 0,03 ° C. richtig sein, bei einer Genauigkeit von 0,0001 genügt 0,3 ° C. Im letzten Fall kann man auch, wenn die Temperatur des leeren Pyknometers nicht beträchtlich von der Normaltemperatur abweicht, sich mit einem einzigen Aufsaugen

begnügen. Nun saugt man die Flüssigkeit zum letzten Male in den Pyknometer auf bis einige Mm. über der Marke, verschliesst den Hahn, nimmt die Kautschukschlange weg, fasst das Pyknometer an dem oberen Kautschukpfropfen, hebt es rasch aus der Kolbe, nimmt den unteren Kautschukpfropfen weg, welches durch einen Einschnitt in demselben erleichtert wird, trocknet das untere Rohr des Pyknometers mit Fliesspapier ab, und öffnet nun vorsichtig den Hahn, so dass die Flüssigkeit eben bei der Marke steht, während die unten abfliessende Flüssigkeit von einem schräg stehenden Stück Fliesspapier aufgenommen wird, welches die Spitze des Pyknometers berührt. Bei einer Genauigkeit von nur 0,0001 kann man den Hahn entbehren, und das Pyknometer mit dem Zeigefinger einstellen, ganz wie eine gewöhnliche Pipette. Sodann setzt man das Verschliessrohr mit seinem Fuss fast an die Spitze des Pyknometers und wiegt sofort das auf diese Weise gefüllte Pyknometer. Um aber das Rechnen zu ersparen, ist das Pyknometer so eingerichtet, dass es genau 20 Gramm Wasser bei der Normaltemperatur fasst; man braucht dann nur das gefundene Gewicht der Flüssigkeit mit 20 zu dividiren, um das specifische Gewicht fertig ausgerechnet zu erhalten.

Weiter benutzt man bei dem Wägen auf der anderen Schale der Wage ein Taragewicht (Fig. 9), welches genau das Gewicht des mit Wasser bei der Normaltemperatur gefüllten Pyknometers besitzt und ausserdem eine solche Gestalt hat, dass sein äusseres Volum eben so gross wie dasjenige des gefüllten Pyknometers ist.

Diese Anordnung hat eine doppelte Absicht. Erstens erspart man das Auflegen vieler Gewichtstücke und vereinfacht das Rechnen, indem man nur nöthig hat, zu dem angewandten Gewicht 20 Gr. zu fügen und das Ganze mit 20 zu dividiren, um das sp. Gewicht zu finden, zweitens eliminirt man ganz den durch den Auftrieb verursachten Fehler in dem sp. Gew., indem ja das Volum der Körper auf den beiden Wagschalen dasselbe ist, und daher die ihnen entsprechenden Auftriebe einander aufheben. Gewiss wird das Volum auf der Wagschale in Wirklichkeit ein wenig grösser, indem zu dem Volume der Tara noch dasjenige der Gewichte kommt; dieses ist aber selbst bei einem sp. Gew. von 1,1 ohne jeden Einfluss; hat z. B. das Pyknometer einen Inhalt von 20 Ccm., so betragen das Gewicht bei dem genannten sp. Gewicht 2,0000 Gr.; sind diese Gewichtstücke aus Platin angefertigt, so beträgt ihr Volum nur 0,1 Ccm., und das Gewicht der von ihnen verdrängten Luft 0,0001 Gr., welches nur einen Fehler von $\div 0,000005$ in dem sp. Gew. verursacht.

Da immer das Wägen zur Luftleere reducirt werden muss, so ist selbstverständlich auch die Marke des Pyknometers so eingestellt, dass sie

20 Gramm Wasser bei der Normaltemperatur, in Luftleere gewogen, angibt; würde man ohne Reduktion diese Marke feststellen, so fasst das Pyknometer in Wirklichkeit zu viel, und das sp. Gewicht fällt dann zu hoch aus.

So wurde z. B. die Marke des von mir verfertigten Pyknometers in einer Luft von sp. Gew. 0,001230 bestimmt. Der Auftrieb des Wasservolumens beträgt nach der Formel (v = das Volum des Wassers):

$$p = q + \sigma_t \left(v \div \frac{q}{d} \right)$$

21,67 Mgr.

und folglich

$$q = 19,9783.$$

Ich musste also, um die richtige Marke ein für alle Mal festzustellen, das leere Pyknometer erst tariren, und dann Gewichtstücke, welche 19,9783 angeben, auf die Wageschale legen, und durch mehrere Versuche feststellen, wie hoch Wasser von der Normaltemperatur in dem oberen Rohre stehen musste, um Balance zu erhalten, und diese Stelle wurde dann im Glase eingätzt.

Das Verfertigen dieses Instrumentes muss also, wie man einsieht, mit wissenschaftlicher Unterstützung geschehen, um überhaupt brauchbare Sachen zu liefern, da alles von dem richtigen Feststellen der Marke und des Volums der Tara abhängt; hat man aber ein richtig angefertigtes Pyknometer, so sind auch die damit ausgeführten Bestimmungen wissenschaftlich richtig und genau und äusserst einfach auszuführen, indem alle Beobachtungen des Barometerstandes, der Temperatur der Luft und das sehr umständliche Ausrechnen des Resultates ganz wegfallen.

Das von mir angewandte Pyknometer fasste 20 Gramm; die Glasmasse desselben hatte ein Volum von 6,51 Ccm.; die Tara war daher mit einem Volum von 26,51 Ccm. angefertigt.

Beispiel:

Das Pyknometer wurde mit einer Lösung bei 15,00° C. gefüllt und bis zur Marke eingestellt.

Das Pyknometer wog Tara + Gr. 1,2537.

Das spezifische Gewicht ist daher einfach $\frac{21,2537}{20} = 1,06269$.

Wenn man bei diesem Pyknometer untersucht, wie grosse Fehler eine Differenz in dem sp. Gew. von 0,00001 veranlässt, wird man finden, dass im ungünstigsten Fall dazu erforderlich ist

ein Fehler in dem benutzten Thermometer von 0,07° C.

» — bei dem Temperiren der Flüssigkeit 0,03° »

» — bei dem Feststellen der Marke 2 Cmm.

ein Fehler bei dem Einstellen der Flüssigkeit auf der Marke . . 0,2 Mgr.
 » Wägefehler von 0,2 »
 und ein Fehler in dem Gewicht der Tara von 0,2 »
 und endlich ein Fehler in dem äusseren Volum der Tara von . 1,6 Ccm.

Wie man hieraus sieht, ist es nicht schwierig, mit einem solchen Pyknometer eine Genauigkeit von 0,00001 zu erzielen, und zahlreiche ausgeführte Parallelversuche haben in der That gezeigt, dass eine solche Genauigkeit wirklich erhalten wurde.

Wegen der hier eingeführten Erleichterungen kann eine solche Bestimmung in sehr kurzer Zeit ausgeführt werden, je nach der Art der Lösung in 6—10 Minuten, während eine Bestimmung mit dem von mir benutzten «Sprengel»schen Pyknometer nebst Ausrechnen 40—50 Minuten erforderte, eine Zeitersparnis, welche in jedem Fall von grossem Werth ist, aber speciell bei dem Arbeiten in praktischen Laboratorien in erster Linie steht.

Ist man mit einer Genauigkeit von 0,0001 zufrieden, welches für praktische Zwecke vollkommen genügt, so kann man sich die zehnfachen Fehler erlauben, und die Spitze des Auslaufrohrs mit einer weiteren Oeffnung versehen, welches alles ein noch schnelleres Arbeiten ermöglicht, so dass die benutzte Zeit auf ein Minimum beschränkt wird; eine solche Bestimmung nimmt nur einige Minuten in Anspruch und ist doch viel genauer, als die mit den älteren technischen Pyknometern ausgeführten Bestimmungen, welche die mehrfache Zeit erfordern.

Die Gewichtverdünnung der untersuchten Lösungen.

Es wurden häufig bei den Versuchen zur Bestimmung des Verhältnisses zwischen dem specifischen Gewichte und dem Trockengehalt Gewichtverdünnungen der untersuchten Lösungen mit Wasser angewandt. Diese Methode bietet ein Mittel, mit grosser Genauigkeit zu sagen, in welchem Verhältnisse der Extraktgehalt der verdünnten Lösung zu demjenigen der ursprünglichen steht, und zwar ist eine solche Bestimmung von der Kenntniss des wahren Werthes des Trockengehalts unabhängig.

Ist e der Trockengehalt der ursprünglichen Lösung, e' derjenige der verdünnten, so hat man

$$e = e' \frac{L}{L'}$$

wenn L das Gewicht der angewandten ursprünglichen Lösung, und L' das Gesamtgewicht der entstandenen Lösung nach der Verdünnung.

Der Quotient $\frac{L}{L'}$ wird der Verdünnungsfaktor genannt.

Es wurde der Versuch in einem 100 Ccm. fassenden Kölbchen vorgenommen, und immer so viel unverdünnte Lösung abgewogen, dass der Gesamttinhalt nach der gewünschten Verdünnung ca. 50 Ccm. betrug; das Kölbchen war deshalb mit einer rohen Teilung versehen.

Es wurde nun so verfahren, dass das Kölbchen für jeden Versuch mit einer Genauigkeit von 1 Mgr. gewogen wurde, dann ungefähr das berechnete Quantum Lösung zugegeben, wieder gewogen, und mit Wasser bis zur 50 Ccm.-Marke gefüllt und endlich das Gewicht zum letzten Male bestimmt.

Die Genauigkeit, welche bei solchen Versuchen erhalten werden kann, ist eine sehr grosse, so dass die Versuche verhältnissmässig roh ausgeführt werden dürfen.

Durch Differentiation finden wir nämlich aus der eben angegebenen Gleichung :

$$dL = \frac{L'}{e} dé$$

$$dL' = \div \frac{L'}{e} dé.$$

Mit Hülfe dieser Formeln können wir berechnen, wie genau das Gewicht der ursprünglichen und entstandenen Lösung bestimmt werden muss, wenn man den Extraktgehalt mit einer bestimmten Genauigkeit zu finden wünscht.

Bei meinen Versuchen ist L ca. 50 Gramm. Man sieht zunächst, dass je höher e, der Gehalt der Lösung, ist, je kleiner ist dL und je genauer muss L bestimmt werden. Wir betrachten daher, um den ungünstigsten Fall zu untersuchen, eine starke Lösung von 20 ‰. Also e = 20.

Aus der zweiten Gleichung sieht man, dass je höher é ist, je kleiner wird dL'; wenn man sich erinnert, dass immer é < e ist, so sieht man ein, dass in unserem Beispiel é höchstens 20 ‰ betragen kann. Je weniger man also verdünnt, je genauer muss L' bestimmt werden.

Untersuchen wir nun, wie grosse Fehler von L und L' nothwendig sind, um einen Fehler in é von 0,001 ‰ zu verursachen, und betrachten wir den ungünstigsten Fall, dass e gross ist (e = 20 ‰), und die Verdünnung eine sehr kleine ist (é = 20 ‰), so erhalten wir:

$$dL = \frac{50}{20} \cdot 0,001 = 0,0025$$

$$dL' = \div \frac{50}{20} \cdot 0,001 = \div 0,0025.$$

Wenn man daher, wie in meinen Versuchen, mit einer Genauigkeit von 1 Mgr. wägt, so erhält man auch in dem ungünstigsten Fall einen Fehler, welcher kleiner als 0,001 ‰ ist.

Die übrigen Bestimmungen, welche in dieser Arbeit gelegentlich ausgeführt sind, wie Elementaranalysen, Polarisation, Stickstoffbestimmungen etc. sind wesentlich nach den bekannten Methoden ausgeführt und werden später berührt.

Der wahre Trockengehalt des Bierextraktes.

Wie in der Einleitung bemerkt, habe ich früher (Zeitsch. f. d. gesamt. Brauwesen 1891, S. 547) durch Versuche bewiesen, dass man beim Trocknen der Würze unter den verschiedensten Bedingungen dasselbe Resultat erhält, wenn man auf rationelle Weise die Gewichtskonstanz bestimmt, und diese Thatsache kann nur dadurch erklärt werden, dass man auf den wahren Trockengehalt gekommen ist.

Da der Bierextrakt durch die Gährung bedeutend verändert ist, indem viele Substanzen entfernt, andere verändert und neue gebildet sind, so kann man nicht ohne weiteres von den genannten Resultaten mit Würze auf ein ähnliches Verhalten des Bierextraktes sicher schliessen; dazu sind neue Versuche nothwendig.

Bevor ich aber die Versuche anführe, will ich einige Bemerkungen über den Begriff Gewichtskonstanz machen. Ich verlange also von einem Trockenversuche, welcher als beendet anzusehen ist, dass die Substanz, nach einiger Zeit gewogen, auch dasselbe Gewicht haben muss, wenn sie nochmals ebenso lange Zeit getrocknet wird. Was aber hier unter demselben Gewicht zu verstehen ist, muss näher erklärt werden. Erstens wird man ja nicht immer ganz dieselben Zahlen beim wiederholten Wägen desselben Gegenstandes erhalten, wenn die Wägung sehr fein ausgeführt ist. Ausserdem tritt aber auch bei verhältnismässig niedriger Temperatur, wie 40° und 50° C., eine zwar sehr kleine, aber doch nach sehr langer Zeit wahrnehmbare Zersetzung der trocknenden Substanz ein, so dass eine ideale Gewichtskonstanz praktisch unmöglich ist. Dass diese höchst kleine Gewichtsabnahme eine Zersetzung ist, kann man daraus schliessen, dass diese Abnahme proportional mit der Zeit ist, wie mehrere von mir ausgeführte Versuche zeigen, während der Wasserverlust mit der Zeit abnimmt.

Aus den genannten Ursachen kann man eine vollkommene Uebereinstimmung beider Wägungen nicht erwarten, wie lange man auch trocknet, man muss aber, um nicht willkürlich zu arbeiten, eine bestimmte Differenz zulassen, welche sich nach dem Gewichte der trocknenden Substanz, der Empfindlichkeit der benutzten Wage, und der Genauigkeit richtet, die man bei der Bestimmung des wahren Gehaltes braucht.

Ich habe, mit Rücksicht auf diese Momente, mich mit einer Differenz begnügt, welche nicht 0,15 % der Trockensubstanz übersteigt; ist also z. B. 1 Gr. einer 10-procentigen Lösung benutzt, so darf die zweite Wägung nicht ein um 0,15 Mgr. niedrigeres Resultat geben als die erste. Würde also das Gewicht der Trockensubstanz zum ersten Mal gleich Gr. 0,10000 gefunden, so darf das Gewicht bei der zweiten Wägung nicht unter dem Werthe Gr. 0,09985 liegen.

Nach diesen Bemerkungen gehen wir zu den Trockenversuchen mit Bierextrakten über.

Der zu den Versuchen benutzte Bierextrakt wurde durch Abdestilliren eines von der Christiania Aktienbrauerei stammenden Biers gewonnen, welches 4,01 % Alkohol und 6,03 % Extrakt enthält, also einen Vergährungsgrad von 56,1 % besass. Es wurde bis zu einem Drittel seines Volums abdestillirt, 24 Stunden stehen gelassen, mit Wasser verdünnt und dann filtrirt. Auf dieselbe Weise ist aller in dieser Arbeit untersuchte Bierextrakt gewonnen.

Es wurden nun mit diesem Bierextrakt drei Trocknungsversuche ausgeführt.

Der erste wurde in dem beschriebenen Cirkulationstrockenapparate bei gewöhnlicher Temperatur und Druck mit concentrirter Schwefelsäure als Trocknungsmittel vorgenommen.

Der zweite wurde bei 55° C. unter einem Druck von c. 20 Mm. Quecksilberhöhe in demselben Apparate ausgeführt.

Der dritte auch bei 55° in demselben Apparate, aber unter gewöhnlichem Drucke vorgenommen.

Versuch I.

Im Cirkulationstrockenapparate mit conc. Schwefelsäure als Trocknungsmittel, bei gewöhnlicher Temperatur und unter gewöhnlichem Atmosphärendrucke ausgeführt.

Das Rohr wurde zuerst mit 0,5 Gr. Filtrirpapier beschickt, und in dem Apparate unter den genannten Bedingungen gewogen, er wog:

nach 10 Tagen Gr. 11,53593

— 20 „ „ 11,53581

Es wurde nun mit 0,8 Gramm Bierextraktlösung versehen, der grösste Theil des Wassers durch einen raschen Strom trockener Luft in 6 Stunden entfernt und dann wurde es in den Trockenapparat gebracht.

Es gab nach:

71 Tagen einen Trockengehalt von 14,985 %

148 „ „ do. „ 14,972 %

Das Gewicht ist also nach unseren Regeln als konstant anzusehen.

Versuch II.

Trocknung im Cirkulationsapparate mit conc. Schwefelsäure als Trocknungsmittel, bei 55° C. unter einem Druck von c. 20 Mm. Quecksilberhöhe.

Das Rohr, mit 0,5 Gr. Filtrirpapier beschickt, wog
 Nach 5 tägiger Trocknung Gr. 10,69516
 » 12 » » » 10,69516

Mit Bierextrakt versehen und getrocknet, gab es
 nach 5 Tagen 14,942 % Extrakt
 » 11 » 14,932 - »

Versuch III.

Trocknung im Cirkulationsapparate bei 55° C., wie Versuch II. aber unter gewöhnlichem Atmosphärendrucke.

Das mit 0,5 Gr. Filtrirpapier gefüllte Rohr gab nach dem Trocknen
 in 9 Tagen Gr. 8,23978.
 » 17 » » 8,23981.

Mit Bierextrakt versehen, fand ich nach
 77 Tagen 14,970 % Extrakt.
 140 » 14,953 » »

Die in den drei Versuchen gefundenen Differenzen zwischen den beiden Wägungen überschreiten, wie man sieht, nicht die in unseren Bedingungen für Gewichtkonstanz aufgestellten Grenzen.

Wir haben daher gefunden, dass das vollkommene Trocknen unter den drei Trocknungsbedingungen ergab:

Bei Trocknen in gewöhnlicher Temperatur und Druck 14,97 %
 » » bei 55° C. unter starker Luftverdünnung 14,93 »
 » » » 55 % unter gewöhnlichem Drucke 14,95 «

Wie man hieraus sieht, stimmen die Zahlen, wenn man sich an die höchst verschiedenen Trocknungsbedingungen erinnert, sehr gut überein, und zwar ebenso gut, wie man früher bei Parallelversuchen unter *unveränderten* Bedingungen forderte. Zwar ist eine kleine systematische Differenz zu ersehen, man muss sich aber erinnern, dass eine solche kleine Differenz aus *physikalischen* Ursachen zu erwarten ist, da ja die Feuchtigkeitshaut, welche sich an der Oberfläche aller Körper befindet, mit steigender Temperatur und vermindertem Drucke abnimmt.

Man kann daher auf Grund dieser Versuche sicher aussprechen, dass man auch bei dem Trocknen des Bierextraktes denselben Werth erhält, unter welchen Bedingungen man auch trocknet, wenn man nur eine Tem-

peratur wählt, die keine störende Zersetzung verursacht, und diese That-
sache kann nur dadurch erklärt werden, dass wir bei den Anordnungen
der Versuche und Bedingungen des constanten Gewichtes bis zu dem
wahren Trockengehalt gelangt sind, so dass die Substanz kein Wasser
mehr enthält.

Die Bestimmung der günstigsten Trocknungsbedingungen.

Nachdem wir sowohl für die Würze, wie auch für den Bierextrakt
konstatirt haben, dass die Wahl der Trocknungsbedingungen keinen Ein-
fluss auf das Endresultat ausübt, so ist es insofern gleichgültig, welche
Temperatur und welchen Druck wir bei dem Trocknen wählen.

Da es aber darauf ankommt, den Versuch so schnell wie möglich
ausführen zu können, habe ich auch untersucht, welche Temperatur und
Druck die günstigsten für die Schnelligkeit des Trocknens sind, und zwar
muss man hier bei der Wahl der Temperatur die Grösse der Dekomposi-
tion kennen, indem diese nicht grösser sein darf, als die erforderliche Ge-
nauigkeit der Trockenbestimmung zulässt. Ich habe daher erst die Tem-
peratur bestimmt, welche auch die strengste wissenschaftliche Genauigkeit
zulässt, und ausserdem die Temperatur, bei welcher die Dekomposition
noch genügend klein ist, um eine für praktischen Gebrauch hinreichende
Genauigkeit zu erzielen.

Aus den oben angeführten Trockenversuchen mit Bierextrakt sieht
man, dass das Trocknen bei gewöhnlicher Temperatur und Drucke für
das Trocknen des Filtrirpapiers 10 Tage und des Extraktes 70, also zu-
sammen 80 Tage fordert; bei 55° C. und unter gewöhnlichem Drucke
ist fast ebenso lange Zeit erforderlich; dagegen bewirkt 55° C. neben
starker Druckverminderung eine beträchtliche Abkürzung der Trocken-
zeit, nämlich 5 Tage für das Papier und 5 Tage für den Extrakt.

Wie man hieraus sieht, ist die Luftverdünnung von wesentlicher Be-
deutung, und bei den späteren Versuchen habe ich immer eine starke
Druckverminderung benutzt; das genaue Einhalten eines bestimmten
Druckes ist dagegen nicht nothwendig, da man sich aus den früher be-
sprochenen Versuchen erinnert, dass die Grösse der Luftverdünnung be-
trächtlich variiren kann, ohne sich für das Trockenresultat geltend zu
machen.

Schon das Trocknen bei 55° C. neben Luftverdünnung ist für wissen-
schaftliche Untersuchungen gut geeignet; zwar erfordert es eine lange
Zeit, es gibt aber sehr zuverlässige Resultate, wie mehrere ausgeführte
Parallelversuche zeigen. Ich habe, um recht sicher zu sein, sowohl das

Filtrirpapier, wie auch den Extrakt eine ganze Woche getrocknet, und viele der später angeführten Untersuchungen verschiedener Bierextrakte sind auf diese Weise ausgeführt.

Da ich aber diese Methode auch auf die Würzen übertragen wollte, zeigte sich die Zersetzung während des verlängerten Trocknens so gross, dass das Verfahren bei der genannten Temperatur kein konstantes Gewicht nach unseren Forderungen geben konnte.

So gab ein Versuch mit gewöhnlicher gehopfter bayerischer Würze, welcher 25 Wochen verfolgt wurde, eine stetige Dekomposition von 0,1 % der Trockensubstanz pr. Woche, und da das Trocknen nicht vor 2 Wochen beendigt war (welches man aus dem Uebergang des stets abnehmenden Gewichtsverlustes in eine konstante Abnahme bestimmen kann) so wird nach den folgenden 2 Wochen der Dekomposition wegen eine Differenz von 0,2 % entstehen, welche grösser als zulässig ist.

Ein auf dieselbe Weise ausgeführter Versuch mit Bockbierwürze gab ebenfalls einen konstanten Verlust von 0,1 % pr. Woche.

Dagegen erwies sich eine Temperatur von 80° C. unter starker Luftverdünnung in 2 Tagen als genügend sowohl bei dem Trocknen der Würze wie auch des Bierextraktes, so dass ich später immer diese Temperatur bei den wissenschaftlichen Untersuchungen benutzt habe; auch stimmen die gefundenen Werthe mit Bierextrakt sehr gut mit denjenigen überein, welche man nach 1 Woche bei 55° C. gefunden hat.

So fand ich beim Trocknen des Rohres mit 0,8 Filtrirpapier bei 80° C. unter einem Druck von 20 Mm. Quecksilberhöhe in dem Cirkulationsapparate:

Nach 2 Tagen Gr. 6,77370.

» 4 » » 6,77364.

Mit gehopfter Würze gefüllt, gab dieses Rohr:

Nach 2 Tagen 10,777 % Trockensubstanz.

» 4 » 10,768 » —

Bei fortgesetztem Trocknen wurde die Dekomposition auf 0,05 % des Extraktes pr. Tag bestimmt.

Ein ähnliches Trocknen mit Bierextrakt ergab:

Nach 2 Tagen 9,572 %.

» 4 » 9,559 »

Um zu erweisen, dass die auf diese Weise mit Bierextrakt gefundenen Resultate mit denjenigen stimmen, welche man nach 1 Woche bei 55° C. erhält, wurde noch ein Versuch mit dem eben beschriebenen Bierextrakt unter den letztgenannten Bedingungen ausgeführt; er gab:

Nach 1 Woche 55° C. 9,570 %.

Bei 80° C. 2 Tage erhält man 9,572 %, also eine recht gute Uebereinstimmung der zwei Verfahren.

Untersucht man aber das Trocknen der ungekochten Würzen, wie man sie z. B. in den Laboratorien bei den Malzanalysen gewinnt, oder die Vorderwürzen einer Brauerei, so wird man finden, dass die Dekomposition des grösseren Eiweissgehaltes wegen so gross ist, dass die Gewichte während des Trocknens nach 2 und 4 Tagen etwas mehr von einander abweichen, als wir zulässig finden. Ich habe daher zu dem Auswege gegriffen, das meiste Wasser der Probe durch 1-tägiges Trocknen bei 60° C. zu entfernen, bevor ich das Rohr in den Apparat bei 80° C. einlege. Dieser Aufenthalt in dem Trockenapparate bei 60° C. kann keine nennenswerthe Dekomposition hervorrufen, denn sie beträgt in einer ganzen Woche 0,2 % der Trockensubstanz, also in einem Tage nur 0,03 %. Das Trocknen bei 60° in einem Tage besteht nur in Entfernung des mechanisch gebundenen Wassers, und ist kein eigentliches Trocknen, da dieses bei 55° 7 Tage erfordert. Wenn man also nun bei 80° C. das Trocknen fortsetzt, erhält man schon nach 1 Tage konstantes Gewicht, wie folgender Versuch mit Infusionswürze aus dänischem Malze zeigt:

Das Rohr, zuerst 1 Tag bei 60° C., bei 20 Mm. Quecksilberhöhe vorgetrocknet, gab:

Nach 1 Tage bei 80° C. 12,966 %.

» 2 Tagen » » - 12,951 %

Ein ähnlicher Versuch mit Vorderwürze einer bayerischen Brauerei gab:

(Nach 1 Tage Vortrocknen bei 60° C. 10,492 %.)

» 1 » — » 80 - » 10,416 %

» 1 » — » « - » 10,406 %

Ich bin daher beim Trocknen solcher ungekochten Würzen auf die Weise verfahren, dass das Filtrirpapier zuerst 2 Tage bei 80° C. getrocknet wurde, dann die Würze bei 60° C. 1 Tag vorgetrocknet, und weiter 2 Tage bei 80° C.; vielleicht würde 1 Tag bei 60° C. und 1 Tag bei 80° C. besser mit dem Principe der früher genannten Verfahren mit Bierextrakten und gekochten Würzen übereinstimmen; die Differenz zwischen diesen zwei Alternativen macht jedenfalls nur 0,12 % der Trockensubstanz aus.

Das zweitägige Trocknen bei 80° C. hat sich also für alle Arten Bierextrakte und Würzen als empfehlenswerth erwiesen, während Versuche mit noch höheren Temperaturen eine so grosse Dekomposition gaben, dass sie nicht zu wissenschaftlichem Zwecke anwendbar sind, indem die zwei Wägungen nach demselben Zeitverlauf zu grosse Differenzen hatten.

Dagegen habe ich das Trocknen bei 100° C. für praktische Zwecke näher untersucht, und zwar sowohl mit dem Cirkulationstrockenapparate, welcher mit 1 Gr. Lösung arbeitet, als auch mit dem von mir früher beschriebenen Vacuumtrockenapparate (Zeitschrift für das gesammte Brauwesen 1890, S. 97), welcher einfacher zu handhaben ist, und die Anwendung einer grösseren Menge der zu untersuchenden Lösung zulässt, daher für praktischen Gebrauch geeigneter ist.

Da hier die Dekomposition so gross ist, dass ein exactes Feststellen des vollendeten Trocknens, wie es z. B. bei 80° C. möglich ist, nicht geschehen kann, so habe ich mich darauf beschränkt, die Dauer des Trocknens zu bestimmen, welche mit den bei 80° C. gefundenen Werthen übereinstimmende Resultate giebt. Es ist aber klar, dass eine solche Bestimmung nie exact werden kann, denn nach der auf solche Weise bestimmten Trockendauer ist das Trocknen nicht ganz beendet, die Gewichtsverminderung der schon eingetretenen Dekomposition entspricht aber dem noch zurückgehaltenen Wasser, so dass auf diese Weise das Resultat scheinbar ganz richtig ist. Es ist aber aus diesem Grunde einleuchtend, dass wenn man einen leichter zersetzbaren Extrakt untersucht, und er die bestimmte Zeit bei 100° C. getrocknet wird, der gefundene Trockengehalt der grösseren Dekomposition wegen etwas zu niedrig ausfallen wird. Die ausgeführten Versuche haben dieses bestätigt. Es ist aber weiter klar, dass je effektiver der Trockenapparat ist, desto kleiner wird überhaupt die Dekomposition und desto genauer sind die Resultate; die Versuche haben auch erwiesen, dass der Cirkulationstrockenapparat auch hier dem früher beschriebenen Vacuumtrockenapparat überlegen ist, so dass er bei genauen Untersuchungen stets vorzuziehen ist, obschon die Handhabung des Vacuumtrockenapparates ungemein viel leichter ist.

Da bei den Trockenversuchen bei 100° C. das Trocknen schon nach einigen Stunden beendet ist, in welcher Zeit der Atmosphärendruck und die Temperatur des Wagenkastens sich weniger ändern, und die sonst mögliche Genauigkeit sich auf Hundertheile Procent beschränkt, so kann man bei solchen Arbeiten die Reduktion zur Luftleere bei dem Wiegen unterlassen.

Bei der Benutzung des Cirkulationstrockenapparates beim Trocknen unter 100° C. wurde das Rohr sowohl mit Filtrirpapier wie auch mit Lösung in dem auf Seite 13 beschriebenen Glasrohre vorgetrocknet.

Das Rohr, mit 0,3 Gr. Filtrirpapier gefüllt, wog, nachdem das genannte Vortrocknen ausgeführt war, und es in den Cirkulationsapparat bei 100° C. gebracht war:

Nach 1 Stunde Gr. 16,37305.

» 2 Stunden » 16,37303.

Mit 1 Ccm. gehopfter bayerischer Würze beschickt, $\frac{1}{4}$ Stunde bei 100° C. vorgetrocknet, und in den Cirkulationsapparat bei 100° C. gebracht, gab das Rohr:

Nach $\frac{1}{2}$ Stunde 15,633 %.

» 1 » 15,584 »

Wie man hieraus sieht, ist ein konstantes Gewicht nicht zu erreichen, und auch bei einem fortgesetzten Trocknen erwies dieses sich der Dekomposition wegen unmöglich.

Dagegen zeigte ein einstündiges Trocknen Resultate, welche mit den nach 2 Tage bei 80° C. erhaltenen übereinstimmen.

So fand ich mit gehopfter Würze (nach $\frac{1}{2}$ Stunde Vortrocknen bei 100° C.):

Nach 1 Stunde bei 100° C. 15,59 %.

» 2 Tagen » 80° » 15,58 »

Ebenso gute übereinstimmende Resultate gab ein Bierextrakt aus einer Brauerei in Christiania (welche also reines Brauwasser benutzt), wie man aus dem folgenden sieht:

Nach $\frac{1}{2}$ Stunde Vortrocknen und 1 Stunde bei 100° C. 14,00 %.

Nach 2 Tagen bei 80° C. 13,98 »

Dagegen gaben Bierextrakte und Würzen aus Brauereien, welche kalkhaltiges Brauwasser benutzen, ein etwas zu niedriges Resultat, welches darin seine Ursache hat, wie ich öfter bemerkt habe, dass Würzen und Bierextrakt, welche mittelst solcher Wässer dargestellt sind, bedeutend mehr dekomposibel sind, was höchst wahrscheinlich in einer Veränderung der Eiweisskörper seine Erklärung findet.

So gab eine gehopfte Würze aus der Brauerei «Alt Carlsberg», Kopenhagen, nach $\frac{1}{2}$ stündigem Vortrocknen bei 100° C,

nach 1 Stunde bei 100° C. 14,55 %.

» 2 Tagen » 80° » 14,56 »

Extrakt aus dänischem «Doppelbier» aus der «Brauerei bei Rahbeck's Allé», Kopenhagen, gab:

nach $\frac{1}{2}$ Stunde Vortrocknen und 1 Stunde bei 100° C. 18,74 %.

nach 2 Tagen » 80° » 18,78 »

In diesem Falle haben wir also eine Differenz von 0,04 %; das macht aber nur 0,2 % der Trockensubstanz, so dass diese Methode sich für genauere praktische Untersuchungen sehr gut empfiehlt.

Das Trocknen in dem früher genannten Vacuumtrockenapparate (beschrieben in der Zeitsch. f. d. gesamm. Brauwesen 1890, S. 97) vollendet sich

bedeutend langsamer, und die Dekomposition übt daher einen grösseren Einfluss auf die Genauigkeit der Resultate aus; auf der anderen Seite hat der erwähnte Apparat aber den grossen Vortheil, viel geeigneter für den praktischen Laboratoriengebrauch zu sein, als der Cirkulationsapparat. Das Vortrocknen fällt weg und das Einlegen und Herausnehmen der Trockenrohre sind so einfach und bequem wie möglich, der Apparat gestattet gleichzeitig mehrere Proben einzulegen, und das Verfahren erlaubt, eine grössere Menge der Flüssigkeit zu verwenden, etwa 4 Ccm., so dass auch eine mässig feine Wage ausreicht, während man bei dem Cirkulationstrockenapparate nur 1 Ccm. verwenden kann¹.

Ich fand, dass bei diesem Apparate ein 6-stündiges Trocknen des Filtrirpapiers und der Lösungen den im Cirkulationsapparate nach 2 Tagen bei 80° C. erhaltenen Werthen entspricht.

So fand ich für gehopfte Würze aus einer hiesigen Brauerei:

Im Vacuumtrockenapparat nach 6 Stunden bei 100° C. 15,58 %.

» Cirkulationstrockenapparate » 2 Tagen » 80° » 15,58 »

Auf ähnliche Weise mit Bierextrakt aus derselben Brauerei:

Nach 6 Stunden bei 100° C. 13,39 %.

» 2 Tagen » 80° » 13,39 »

Dagegen zeigten sich aus den oben angeführten Ursachen bei den dänischen Proben grössere Differenzen, so bei gehopfter Würze aus der Brauerei «Alt Carlsberg», Kopenhagen:

nach 6 Stunden 100° C. 14,51 %.

» 2 Tagen 80° » 14,56 »

und mit Extrakt aus «Doppelbier» aus «der Brauerei bei Rahbechs Allé»

nach 6 Stunden 100° C. 18,70 %.

» 2 Tagen 70° » 18,78 »

Die Differenz beträgt also 0,08 % oder 0,4 % der Trockensubstanz.

Schliesslich habe ich das Trocknen bei 100° C. mit durchströmender stark verdünnter Luft versucht, welche zuvor mit concentrirter Schwefelsäure getrocknet war; ich glaubte dadurch, ein rascheres Trocknen ohne Verwendung eines complicirten Apparates, und die Anwendung grösserer Stoffmengen, als bei dem Cirkulationsapparate, zu ermöglichen; es zeigte sich aber merkwürdiger Weise, dass das Trocknen nicht schneller stattfand, als in dem oben genannten Vacuumtrockenapparate.

¹ Es kann hier bemerkt werden, dass man bei sorgfältigem Sauberhalten der abgeschliffenen Rohröffnungen, etwa mittelst feinsten Schmirgelpapiers, den Apparat leicht so dicht erhalten kann, dass ein stetiges Auspumpen mit der Wasserstrahlpumpe überflüssig ist; es genügt bei Beginn des Versuchs ein einfaches Auspumpen, wonach der Apparat bis zur Beendigung des Trocknens sich selbst überlassen wird.

Der Apparat bestand aus einem weiteren vertikalen Glasrohr, welches ein Trockenrohr mit Filtrirpapier aufnehmen konnte, und oben mit einem aufgelegten Kautschukpfropfen durch der Luftverdünnung gedichtet wurde, auf dieselbe Weise, wie es in dem Vacuumtrockenapparate geschieht. Unten konnte man durch ein mit einem Glashahne versehenes Glasrohr getrocknete Luft einleiten, welche also durch das Trockenrohr strich, und oben durch ein seitlich angelöhtes Rohr, welches mit der Wasserstrahlpumpe verbunden wurde, entwich. Das Ganze war in einem Vaselineölbade angebracht, welches mittelst eines Reichert'schen Gasregulators bei 100° C. gehalten wurde. Nach dem Einsenken des beschickten Trockenrohres und Auflegen des Kautschukpfropfens wurde bis 40 Mm. Quecksilberhöhe evacuirt, und nun ein so langsamer Luftstrom durch das unten angebrachte Glasrohr eingeleitet, dass der Druck nie über 40 Mm. stieg.

Die Luft strich also nach der Berührung mit concentrirter Schwefelsäure durch das an beiden Enden offene Trockenrohr, welches die Extraktlösung in Filtrirpapier aufgesaugt enthält, und verliess den Apparat durch das seitliche Rohr, welches mit der Pumpe verbunden war.

Ich fand bei dieser Anordnung des Versuches mit gekochter Würze:

nach 6 Stunden bei 100° C. 13,09,

» 2 » » 90° » 13,07.

Da also das Trocknen ebensolange Zeit erfordert, wie mittelst des Vacuumtrockenapparates, und der letzte viel praktischer und einfacher in seiner Handhabung ist, ist er dem letzt versuchten Verfahren vorzuziehen.

Das Verhältniss der Trockengehalte zu den specifischen Gewichten der Lösungen.

Wenn man bestimmen wollte, wie sich das specifische Gewicht mit dem Trockengehalt einer Lösung ändert, so könnte man zwei Wege einschlagen. Entweder könnte man eine Reihe Lösungen zubereiten, deren ungefähre Stärken über das zu untersuchende Intervall gleichmässig vertheilt sind, z. B. Lösungen von circa 20 %, 18 %, 16 % u. s. w. Extrakt, und so den Trockengehalt und das specifische Gewicht jeder Lösung bestimmen, und mittelst der auf solche Weise gefundenen Zahlen das Gesetz ableiten, welches das Verhältniss zwischen specifischem Gewicht und Extraktgehalt bestimmt.

Man könnte aber auch so verfahren, dass man von einer einzelnen Lösung ausgeht, welche den höchsten Extraktgehalt, den man überhaupt zu untersuchen wünscht, z. B. 20 % Extrakt, besitzt, und nur für diese Lösung den Extraktgehalt durch Trocknen bestimmt; durch Gewicht-

verdünnungen mit Wasser, wie S. 29 beschrieben ist, könnte man eine Reihe Lösungen von verschiedenen Stärken darstellen, deren Trockengehalte man aus der unverdünnten Lösung mittelst des Verdünnungsfaktors berechnet, und durch direkte Bestimmungen die specifischen Gewichte derselben Lösungen finden; diese Untersuchungen geben dann alle erforderlichen Zahlen, um das Verhältniss zwischen dem specifischen Gewicht und Extraktgehalt jeder Lösung von beliebiger Stärke festzustellen.

Untersucht man nun mittelst der Fehlerberechnung, welches von diesen zwei Verfahren vorzuziehen ist, so wird man sogleich sehen, dass die Verdünnungsmethode weit genauer ist, indem dieses Verfahren mit Leichtigkeit eine Genauigkeit von 0,001 % ermöglicht, während die Fehler bei der direkten Methode das mehrfache betragen können. Ausserdem bietet auch die letzte Methode den grossen Vorteil, dass sie weit schneller auszuführen ist; eine Gewichtverdünnung führt man in einer halben Stunde aus, während eine direkte Trocknungsbestimmung 4 Tage in Anspruch nimmt. Ohne die Verdünnungsmethode würde es mir unmöglich gewesen sein, so viele Bestimmungen des Verhältnisses zwischen dem specifischen Gewichte und dem Extraktgehalt mit fast allen untersuchten Würzen und Bierextrakten auszuführen, welche nothwendig waren, um festzustellen, dass, obschon nicht ein bestimmtes specifisches Gewicht bei allen Arten der untersuchten Lösungen demselben Extraktgehalt entspricht, sie doch alle genau demselben Gesetz der Verdünnung folgen, welche Thatsache die Aufstellung der Tabellen sehr vereinfacht.

Dieses Gesetz kann so ausgedrückt werden, dass wenn zwischen den Extraktgehalten zweier Lösungen von demselben specifischen Gewicht ein gewisser Quotient besteht, man auch bei jedem anderen specifischen Gewicht denselben Quotienten der Extraktgehalte dieser Lösungen finden wird. Hat also z. B. eine Würze von sp. Gew. 1,04143 den Trockengehalt 10,000 %, und eine Bierextraktlösung bei demselben specifischen Gewichte 9,900 % Extrakt, wo also der genannte Quotient $\frac{10,000}{9,900} = 1,0100$ beträgt, so findet man z. B. in einer Würze von sp. Gewicht 1,0600 14,262 % Extrakt, während eine Bierextraktlösung von demselben specifischen Gewichte 14,119 % Extrakt enthält; der Quotient der Trockengehalte bleibt also unverändert $\frac{14,262}{14,119} = 1,0100$.

Hieraus folgt, dass man zum Aufstellen einer Tabelle für jede beliebige Würze oder Bierextrakt sich mit einer einzigen Fundamentalformel begnügen kann, indem man durch Einführen des genannten Quotienten in diese die neue Formel aufstellen kann, welche das Verhältniss zwischen

specifischen Gewichte und Extraktgehalt der untersuchten Lösung repräsentirt.

Nur bei einer einzigen Art Extrakt ist eine kleine Abweichung von dieser Regel wahrzunehmen, und ich würde der Kleinigkeit dieses Fehlers wegen auch von dieser abgesehen haben, wenn es sich nicht eben um die ungekochten Würzen handelte; da nämlich die in den Laboratorien bei Malzanalysen nach der conventionellen Methode dargestellten Würzen ungekochte Infusionswürzen sind, bei welchen Analysen eben eine grosse Genauigkeit wünschenswerth ist, so habe ich für solche Würzen eine eigene unabhängige Tabelle ausgearbeitet.

Zum Ausarbeiten des genannten Fundamentalgesetzes wurde von einer Lösung gehopfter Würze ausgegangen, welche aus der hiesigen «Christiania Aktienbrauerei» stammte, und deren Trockengehalt zu 21,162 % bestimmt wurde. Durch Gewichtverdünnung dieser Lösung wurden 6 neue Lösungen von verschiedener Stärke hergestellt, deren Trockengehalte durch Multipliren des Gehaltes der ursprünglichen Lösung mit den respektiven Verdünnungsfaktoren berechnet wurden, und weiter direkt die specifischen Gewichte derselben Lösungen gefunden.

Die Resultate sind in folgender Reihe zusammengestellt.

	Trockengehalt.	Sp. Gew. 15°/15° C.
I	21,162 %	1,09127
II	17,964 »	1,07659
III	14,963 »	1,06310
IV	11,991 »	1,05002
V	8,994 »	1,03716
VI	5,995 »	1,02446
VII	2,998 »	1,01215

Es wurde nun eine mathematische Gleichung gesucht, welche diesen Zahlen genügen konnte; es zeigte sich, dass eine Gleichung von zweitem Grade dazu hinreichte.

Diese hat die allgemeine Form:

$$s = a + be + ce^2,$$

in welcher s das specifische Gewicht bei 15°/0 C. bedeutet, e der Extraktgehalt in Gewichtprocent, und a , b und c Konstanten sind.

Es gilt also nun, die Konstanten a , b und c zu bestimmen. a kann sogleich gefunden werden, indem man nur $e = 0$ setzt; man findet dann, dass $a = 1$. Um b und c zu finden, sind nur 2 Observationen des Trockengehalts und des entsprechenden specifischen Gewichtes erforderlich; die übrigen können dann zum noch genaueren Feststellen der genannten Konstanten nach der Methode der kleinsten Quadrate benutzt werden.

Mit Hülfe dieses Mittels wurde folgende Gleichung für das Verhältnis des Trockengehaltes der genannte Würze zu dem specifischen Gewichte gefunden:

$$s = 1 + 0,0039921 e + 0,000015136 e^2.$$

Durch das Einsetzen der Werthe $e = 1$, $e = 2$ u. s. w. in die oben aufgestellte Gleichung kann man weiter die ganze Tabelle mit Leichtigkeit ausrechnen.

So erhält man zum Beispiel:

Extrakt.	Sp. Gew.
5 ‰	1,02034
10 ‰	1,04143
15 ‰	1,06329
20 ‰	1,08590

Hat man nun eine andere Lösung von Würze oder Bierextrakt, deren Trockengehalt bei einem willkürlich gewählten specifischen Gewichte nicht mit der eben aufgestellten Tabelle übereinstimmt, so hat man nur nöthig, den Quotienten zwischen dem wirklichen Extraktgehalt und demjenigen, welchen die Tabelle für das gefundene specifische Gewicht der Lösung angiebt, in die oben gefundene Gleichung einzuführen, um eine Tabelle zu finden, welche für die neue Lösung gilt.

Ist nämlich der Trockengehalt der neuen Lösung mit E' bezeichnet, und derjenige, welchen die ursprüngliche Tabelle angiebt, mit E , so ist der genannte Quotient k

$$k = \frac{E'}{E},$$

k wird der specifische Tabellquotient der neuen Lösung genannt; nun ist aber:

$$E' : E = é : e,$$

woraus man erhält

$$e = \frac{Eé}{E'} = \frac{1}{k} é,$$

wenn man mit e den variablen Trockengehalt der ursprünglichen und mit $é$ denjenigen der neuen Lösung bezeichnet.

Wir nun der gefundene Werth für $é$ in die ursprüngliche Gleichung eingesetzt, so erhält man die gesuchte neue Gleichung:

$$s = 1 + \frac{0,0039921}{k} é + \frac{0,000015136}{k^2} é^2$$

aus welcher man dann leicht die gesuchte neue Tabelle ausrechnen kann.

Beispiel: Eine Bierextraktlösung, aus der hiesigen Christiania Aktienbrauerei stammend, welche ein specifisches Gewicht 1,06365 besass, erwies sich bei einem Trockenversuch als 14,930 % Extrakt enthaltend, während die Fundamentaltabelle für dieses specifische Gewicht 15,081 % angiebt.

Der specifische Tabellquotient ist also $\frac{14,930}{15,081} = 0,9900$.

Die Gleichung, welche für den untersuchten Bierextrakt gilt, ist also

$$s = 1 + 0,004032 \epsilon + 0,00001544 \epsilon^2.$$

Wenn man aus der Fundamentalgleichung, welche Gewichtprocente angiebt, das Gewicht der Trockensubstanz in 100 Raumteilen Lösung berechnet, also das Gewichtprocent mit dem absoluten specifischen Gewichte (Sp. 15°/4° C.) multiplicirt, so wird man zu dem interessanten Resultate kommen, dass das Verhältniss zwischen dem specifischen Gewicht und dem Extraktgehalt von 0 % bis ungefähr 7 % fast genau mittelst einer lineären Gleichung ausgedrückt werden kann, während von 7 % ab ein steigendes Abweichen wahrzunehmen ist.

So findet man, indem man für den Ausdruck: «Gramm Extrakt in 100 Ccm. Lösung» (ϵ) folgende lineäre Gleichung benutzt:

$$\epsilon = (s \div 1) 250,8.$$

Sp. 15°/4° C.	Sp. 15°/15° C.	Gr. Extrakt in 100 Gr. Lösung.	Gr. Extrakt in 100 Ccm. Lösung genau berechnet.	Gr. Extrakt in 100 Ccm. Lösung nach der lineären Gleich. berech.	Differenz.
1,00914	1,01000	2,482	2,505	2,508	— 0,003
1,01913	1,02000	4,918	5,012	5,016	— 4
1,02912	1,03000	7,311	7,524	7,524	0
1,03911	1,04000	9,668	10,046	10,032	+ 14
1,04911	1,05000	11,982	12,570	12,540	+ 30
1,05910	1,06000	14,262	15,105	15,048	+ 57
1,09907	1,10000	23,036	25,318	25,080	+ 230

Wie man sieht, ist die Uebereinstimmung zwischen 0 % und 7 % vollständig, indem die Differenzen unter die Observationsfehler fallen; über diesen Werth nehmen sie dagegen rasch zu. Wie bekannt nehmen die englischen Zymotechniker an, dass das Verhältniss zwischen Extraktgehalt (in Gr. in 100 Ccm. Lösung angegeben) und specifischem Gewicht linear ausgedrückt werden kann, und stellen eine Tabelle einer lineären Gleichung auf; man sieht aber aus der eben mitgetheilten Zahlenreihe, dass eine solche Tabelle mit Fehlern von ein Paar zehntheliten Procenten behaftet sein muss, wenn man sie bis 20 % Extrakt aufstellt, so dass eine solche Tabelle ziemlich ungenau ist.

Begnügt man sich aber, eine solche Tabelle nur bis 15 % gelten zu lassen, so kann man leicht, indem man eine Konstante von einem mittleren Werth in die lineäre Gleichung einsetzt, die Abweichungen bis auf höchstens 0,02 % beschränken, wie z. B. für gekochte Würzen

$$\varepsilon = (s \div 1) 251,5$$

mit welcher Gleichung man z. B. findet:

Sp. 15°/15°	ε (genau berech.)	ε (nach lineär Gleich.)
1,0200	5,02	5,03
1,0400	10,05	10,06
1,0600	15,11	15,09

Wie man sieht, hat eine solche Gleichung eine für die Praxis genügende Genauigkeit, und da man bei verschiedenen Arbeiten, wie Polarisationsbestimmungen, für den Ausdruck, Gewichttheile Extrakt in 100 Volumteilen Lösung eben Gebrauch hat, so wird das Benutzen einer solchen Gleichung anstatt einer Tabelle das Berechnen in hohem Grade vereinfachen.

Diese Thatsache, dass die eben genannte Gleichung bis zu dem specifischen Gewichte 1,03000 lineär ist, hat in der Grösse der Contraction ihre Erklärung; indem diese bis 1,03000 mit dem Volum des Extraktes proportional ist.

Dieses Verhalten der Contraction findet auch bei allen drei von mir untersuchten reinen Kohlenhydraten statt, und daher auch höchst wahrscheinlich bei allen.

Ich habe schon bemerkt, dass sich nur für eine einzige Art der Würzen, nämlich die ungekochten, die Tabelle nicht ganz genau aus der Fundamentalgleichung ableiten lässt, und da eben eine solche Tabelle der Malzanalysen wegen sehr genau sein möchte, habe ich mittelst der Methode der kleinsten Quadrate diese Tabelle genau ausgerechnet. Da ich einige Aenderungen in der Methode benutzt habe, welche das höchst mühsame Rechnen bedeutend erleichtert, theile ich hier den Gang der Arbeit in Kürze mit.

Durch Mischen von 5 nach der conventionellen Methode aus verschiedenen Malzsorten hergestellten Würzen wurde eine ungekochte Infusionswürze von specifischem Gewichte 1,05265 erhalten, deren Trockengehalt durch 5 direkte Trockenbestimmungen als 12,619% gefunden wurde.

Bei dem Ausarbeiten der Tabelle wurde aber nicht dieser Werth benutzt; sondern es wurde der Trockengehalt dieser unverdünnten Würze gleich 4 E gesetzt, und durch Gewichtsverdünnungen 3 neue Lösungen erhalten, deren Trockengehalt 3 E, 2 E und 1 E entsprachen. Später wurde so der wirkliche Trockengehalt eingeführt. Dieses Verfahren erleichtert, wie man später sehen wird, sehr das Rechnen.

Da das Verdünnen zu genau den genannten Werthen praktisch unmöglich ist, so wurden die Verdünnungen so nahe den gewünschten wie möglich ausgeführt, und durch Interpolation mittelst einer vorläufig aufgestellten Gleichung die gesuchten Werthe berechnet.

Es wurden also folgende Würzen durch das Verdünnen erhalten:

I	4,00000 E	Sp. Gew.	15 ° / 15 °	1,052652	
II	3,00044 E	»	»	—	1,039087
III	2,00024 E	»	»	—	1,025752
IV	1,00026 E	»	»	—	1,012748

Um die den genauen Werthen 3 E, 2 E, 1 E entsprechenden spec. Gewichte zu finden, wurde eine lineäre Interpolation benutzt.

Man findet dann:	I	4,0000 E	Sp. Gew.	15 ° / 15 °	1,05265
	II	3,0000 E	»	»	— 1,03908
	III	2,0000 E	»	»	— 1,02575
	IV	1,0000 E	»	»	— 1,01274

Da in diesen Verhältnissen der Extraktgehalt mit denselben Intervallen vorkommt, und ausserdem durch ganze Zahlen repräsentirt ist, ist das Rechnen bei der Methode der kleinsten Quadrate wesentlich erleichtert.

Wenn man nun in bekannter Weise die Konstanten einer ganzen Gleichung zweiter Ordnung so bestimmt, dass die Quadrate der Fehler ein Minimum werden, und die Rechnung ausführt, so erhält man zuletzt für die Konstanten folgende Werthe:

$$a = 0,012597$$

$$b = 0,00014161$$

und durch Einsetzen dieser Werthe erhält man die Gleichung:

$$y = 1 + 0,012597 x + 0,00014161 x^2.$$

Diese Gleichung gibt aber für eine Würze von sp. Gew. 1,052652 den Extraktgehalt $x = 4$ E an, der wahre Werth ist aber, wie früher genannt, 12,619 ‰, und diese Zahl muss in die erhaltene Gleichung eingeführt werden.

Wird mit e der wahre Extraktgehalt bezeichnet, so hat man:

$$4 : 12,619 = x : e$$

$$x = \frac{4 \cdot e}{12,619}$$

Wird nun dieser Werth für x eingesetzt, und statt y der Buchstab s gesetzt, so erhält man endlich die Gleichung für die ungekochten Würzen:

$$s = 1 + 0,00399303 e + 0,000014229 e^2.$$

Untersucht man nun, wie die bei den Verdünnungen wirklich gefundenen Werthe mit den Angaben der Gleichung stimmen, so findet man:

	Sp. Gew. 15°/15° C. direkt bestimmt	Sp. Gew. 15°/15° C. nach der Gleichung
Verdünnung I	1,05265	1,05265
— II	1,03909	1,03908
— III	1,02575	1,02576
— IV	1,01275	1,01275

Die Uebereinstimmung ist wie ersichtlich sehr befriedigend, und sie erweist, dass eine ganze Gleichung zweiter Ordnung das Gesetz zwischen dem Extraktgehalte und dem specifischen Gewichte mit genügender Genauigkeit ausdrückt.

Würde man einfach durch Einführen eines Tabellquotienten die früher genannte Fundamentalgleichung auch für ungekochte Würzen benutzen, so würde man eine kleine Differenz von der eben aufgestellten genauen Tabellen erhalten, welche höchstens 0,01 % betragen kann. Die kleine Abweichung von dem sonst geltenden Verdünnungsgesetz hat höchst wahrscheinlich in dem Gehalt der Eiweisskörper ihre Erklärung, welche durch Kochen ausgeschieden werden.

Das Ueberführen der specifischen Gewichte 15°/15° C. in die specifischen Gewichte 17,5°/17,5° C.

In der vorliegenden Arbeit sind alle specifischen Gewichte bei 15°/15° C. ausgeführt; da aber auch die Normaltemperatur 17,5° C. (14° R.) vielfach Anwendung findet, so habe ich es für nothwendig gehalten, genau zu untersuchen, wie man bei Würzen und Bierextrakten von Sp. Gew. 15°/15° C. in Sp. Gew. 17,5°/17,5° C. übergehen kann.

Durch zahlreiche Untersuchungen habe ich festgestellt, dass man für alle Würzen und Bierextrakte folgende Formel benutzen kann:

$$S_{15^\circ/15^\circ} \div (S_{15^\circ/15^\circ} \div 1) 0,0030 = S_{17,5^\circ/17,5^\circ}.$$

Folgende Versuche beweisen, dass die Formel genau genug die Wahrheit angiebt:

	S 15°/15°	S 17,5/17,5 gefunden	S 17,5/17,5 berechnet
Gehopfte Würze	1,05546	1,05529	1,05529
	1,03903	1,03891	1,03891
	1,02740	1,02731	1,02732
	1,01400	1,01397	1,01396
Extrakt aus bayerischem Biere	1,05959	1,05941	1,05941
	1,04001	1,03990	1,03989
	1,02976	1,02966	1,02967
	1,01653	1,01648	1,01648

Der Einfluss der verschiedenen Brauoperationen, wie der chemischen Zusammensetzung der Rohmaterialien auf den specifischen Tabellquotienten.

Da wir früher gesehen haben, dass zwar alle Würzen und Bierextrakte demselben Verdünnungsgesetz folgen, ihre Tabellquotienten aber verschieden sein können, so habe ich näher die denkbaren Umstände untersucht, welche vielleicht auf den Tabellquotienten Einfluss ausüben können.

Es must hier bemerkt werden, dass ich nur Würzen und Bierextrakte untersucht habe, welche ausschliesslich aus Gerstenmalz fabricirt sind, da Surrogate, wie Weizenmalz, Mais etc. beträchtlich den Tabellwerth beeinflussen. Eine Untersuchung des Einflusses dieser Rohmaterialien würde sehr umständlich werden und diese Arbeit sehr erweitern. Nur in einem einzigen Falle habe ich Bier aus Weizenmalz untersucht, nämlich eine Probe Münchener Weissbieres, und wenn ich die erhaltenen Resultate mit denjenigen vergleiche, welche mit Bieren aus Gerstenmalz gewonnen sind, finde ich das Verhältniss für dieselben spec. Gewicht

für Würzen	1,011
und für Bierextrakt	1,016.

Bei demselben specifischen Gewichte hat also eine aus Weizenmalz dargestellte Würze einen höheren Extraktgehalt, als eine aus Gerstenmalz stammende.

Es hat sich nun bei den Untersuchungen gezeigt, dass folgende Umstände einen merkbaren Einfluss auf den Tabellquotienten ausüben:

Der Stickstoffgehalt der Würze.

Die chemische Zusammensetzung des Brauwassers.

Das Kochen der Würze.

Die Gährung der Würze.

Dagegen üben folgende Umstände keinen merkbaren Einfluss aus:

Die verschiedene Abtrocknungstemperatur auf der Darre, welche innerhalb der in der Praxis gebrauchten liegt.

Die verschiedenen Braumethoden, welche in der Praxis gebraucht werden, wie die Infusions- und die Dekoktmethode.

Das Zusatz von Hopfen.

Dass der Stickstoffgehalt des Würzeextraktes von Einfluss ist, geht aus folgender Uebersicht hervor, in welcher sowohl der Proteingehalt des Trockenextraktes, wie auch der Quotient zwischen den direkt gefundenen Trockengehalten und den Angaben der Tabelle für die gefundenen specifischen Gewichte angegeben sind:

Art und Ursprung der Würze.	Protein- gehalt des Extraktes	Direkt ge- fundener Extrakt- gehalt.	Extraktgehalt nach der U-W Tabelle	Quotient zwischen dem direkt gefun- denem Ex- traktgehalt und demjen. der Tabelle
Ungekochte Würze aus ungarischem Malze	4,20 o/o	12,305 o/o	12,343 o/o	0,9969
— — » Lolland-Malz . .	4,50 »	13,068 »	13,095 »	0,9979
— — » Prosnitzer-Malz .	4,97 »	12,320 »	12,324 »	0,9997
— — » Lolland-Malz . .	5,07 »	13,194 »	13,179 »	1,0012
— — » Münchener-Malz .	5,60 »	14,978 »	14,933 »	1,0030

Wie aus dieser Reihe hervorgeht, ist die Abhängigkeit der Quotienten zwischen dem direkt gefundenen Extraktgehalt und demjenigen der Tabelle unzweifelhaft, indem bei einem hohen Proteingehalt die direkt gefundenen Werthe höher, bei einem niedrigen Proteingehalt aber kleiner als diejenigen der Tabelle ausfallen; bei ca. 5 o/o Protein in dem Extrakt stimmt die Tabelle genau mit dem wahren Werth; wie man aber sieht, sind die Abweichungen bei einem anderen Proteingehalte nicht bedeutend.

Da ich bei meinen Untersuchungen über die Uebereinstimmung der Extrakte der verschiedenen Biere nach beendigten Versuchen mit den norwegischen Proben auch die dänischen und deutschen Proben untersuchte, welche ich durch Gefälligkeit des Herrn Laboratorieförster A. Petersen in Kopenhagen und Herrn Professor L. Aubry in München bezogen hatte, zeigte sich eine auffallende und konstante Abweichung dieser letzten Proben von den norwegischen, indem sie alle bei direkter Bestimmung höhere Extraktgehalte gaben, als die Tabelle. Nach weitläufigen Untersuchungen über die Ursachen dieser Abweichung untersuchte ich zuletzt den Einfluss des Brauwassers auf den Tabellwerth, und es ist mir gelungen, nachzuweisen, dass die mir zugeschickten Brauwässer von Kopenhagen und München bei Maischversuchen im Laboratorium eine ebenso grosse Abweichung hervorrufen, wie die aus denselben Orten erhaltenen Würzen und Bierproben. Hieraus geht klar hervor, aus welchem Grunde die norwegischen Proben sich von den übrigen unterscheiden, weil wir hier in Norwegen fast überall ein sehr reines Trinkwasser besitzen; so enthält das Wasser in Christiania 30—40 Mgr. feste Bestandteile pr. Liter, während die ausländischen Wasser bis 0,5 Gr. pr. Liter enthalten können.

Weiter habe ich durch Verwendung künstlich dargestellten calcium-carbonathaltigen und gipshaltigen Wassers eine ähnliche Abweichung hervorgerufen, wie bei Verwendung der natürlichen Wässer.

Wie man aus den folgenden Versuchen sieht, verursachen die Brauwässer die genannte Abweichung wesentlich erst nach dem Kochen der Würze.

Das in den Versuchen benutzte Brauwasser von Kopenhagen stammte von der bekannten Brauerei «Alt Carlsberg» und hatte ein spezifisches Gewicht von 1,00047, und enthält 0,340 Gr. feste Stoffe pr. Liter; die qualitative Analyse ergab als wesentliche Bestandteile des Wassers Calciumsulfat, weniger Calciumcarbonat und ein wenig Chlornatrium nebst anderen Salzen.

Das benutzte Münchener Brauwasser hatte ein spezifisches Gewicht von 1,00036, enthielt 0,260 Gr. festen Stoffe pro Liter; hauptsächlich aus Calciumcarbonat nebst Calciumsulfat und Chlornatrium bestehend.

Das künstlich dargestellte calciumcarbonat-haltige Wasser wurde durch Lösung chemisch reinen Aetzkalkes in destillirtem Wasser und Sättigung mit Kohlensäure erhalten; das erhaltene Wasser wurde so stark verdünnt, dass es 0,5 Gr. feste Bestandteile pr. Liter enthielt.

Auf dieselbe Weise wurde durch Lösung reinen Gipses in destillirtem Wasser und Verdünnung derselben ein Gipswasser mit 0,5 Gr. festen Stoffen dargestellt.

Erster Versuch.

Mit einem Münchenermalz, aus einer Brauerei Münchens stammend, wurden mit resp. destillirtem Wasser, Carlsberg Wasser und Münchener-Brauwasser drei Proben gleichzeitig nach der conventionellen Methode eingemaischt, doch wurden die erhaltenen Würzen nach beendigtem Maischen nicht mit Wasser verdünnt. Die Würzen wurden nicht gekocht, aber übereinstimmend mit der genannten Methode nach der Verzuckerung sogleich abgekühlt.

Die folgende Tabelle gibt eine Uebersicht der erhaltenen Resultate:

Art der Würze	Direkt gefun- dene Ex- trakt	Extrakt nach der U-W Tabelle	Quotient zwischen den zwei Zahlen	Specificsches Drehens- vermög. α_D	Verzuckerungs- zeit
I Ungekoch, Infusionswürze mit destill. Wasser	15,030 %	14,978 %	1,0035	118,0 0	15 Min.
II — — mit «Alt Carlsberg»	14,959 »	14,873 »	1,0058	118,2 0	20 »
III — — mit Münchener	14,909 »	14,841 »	1,0046	118,5 0	25 »

Die Würzen II. und III. waren beide nach der Abkühlung bedeutend trüber als I.

Die Abweichungen in den Extraktgehalten, welche die drei Würzen geben würden, wenn sie dasselbe spezifische Gewicht hätten, gehen aus folgenden Quotienten hervor:

$$II/I = \frac{1,0058}{1,0035} = 1,0023 \quad III/I = \frac{1,0046}{1,0035} = 1,0011,$$

welche Zahlen das Verhältniss der resp. Extraktgehalte in den Würzen von demselben specifischen Gewichte angeben.

Zweiter Versuch.

Es wurde ganz wie bei dem ersten Versuch verfahren, nur wurde ein Malz aus Prosnitz benutzt. Die Würzen waren also auch hier nicht gekocht.

Art der Würze	Direkt gefund. Extrakt	Extrakt nach der U.-W. Tabelle	Quotient	Sp. Drehens- vermög αD	Extrakt- ausbeute aus dem wasserhalt. Malze
I Ungekochte Infusionswürze mit de- stillirtem Wasser	12,201 0/0	12,210 0/0	0,9993	122,9 °	70,4 0/0
II Ungekochte Infusionswürze mit «Alt Carlsberg» Wasser	12,156 »	12,120 »	1,0033	124,2 °	70,2 »
III Ungekochte Infusionswürze mit Münchener Wasser	12,110 »	12,104 »	1,0005	125,7 °	69,8 »

$$II/I = 1,0037 \quad III/I = 1,0012.$$

Wie man aus diesen Resultaten sieht, übt das benutzte Wasser bei dem Infusionsmaischen, bei welchem Verfahren die Würze nicht gekocht wird, einen merkbaren Einfluss aus, welcher sich in einer Veränderung der Tabellwerthe, Verlängerung der Verzuckungszeit und Verminderung der Extraktausbeute äussert. Aus diesen Ursachen ist es bei Ausbeutebestimmungen in Malz ganz nothwendig, destillirtes Wasser zu benutzen, da mit natürlichen Wässern arge Irrthümer entstehen können.

Diese Abweichungen sind aber nicht so gross, wie bei der Untersuchung der aus Alt-Carlsberg und München bezogenen Würzen und Bierproben, und erklären daher nicht vollständig die Abweichung der letzteren Proben von der Tabelle. So fand ich z. B. bei einer gehopften Würze aus «Alt Carlsberg» den Quotienten zwischen dem wirklich gefundenen Extraktgehalte und demjenigen der Tabelle, welche für ungekochte Würzen aufgestellt war, gleich 1,0045 und bei einer gehopften Würze für Münchener Braubier gleich 1,0055.

Da aber die letzt genannten gekocht sind, so wäre es denkbar, dass die Salze des Wassers erst bei dem Kochen auf den Extrakt vollständig wirken könnten. Es wurde daher so verfahren, dass die Infusionswürzen, nachdem sie wie bei den früheren Versuchen zubereitet waren, einige

Zeit mit dem Treber gekocht wurden. Es zeigte sich dann, wie erwartet, dass das Brauwasser unter diesen Umständen so grosse Abweichungen in dem Tabellwerthe verursachte, dass das Verhalten der zugeschickten Würzen vollkommen erklärt wurde.

Dritter Versuch.

Es wurden zwei Maischproben mit einem Prosnitzermalze nach der conventionellen Wiener Methode zubereitet, nach dem Maischen die Proben bis zum Sieden erhitzt und $\frac{1}{4}$ Stunde mit dem Treber gekocht.

Art der Würze	Direkt gefund. Extrakt	Extrakt nach der U.-W. Tabelle	Quotient	Extrakt- ausbeute	Protein- gehalt des Extraktes	Verzuck- rungszeit	Scheinbare Vergährung	Farbe in $\frac{1}{10}$ N. Jodlös.
I Gekochte Infusions- würze mit destil- lirtem Wasser . .	12,320 0/0	12,324	0,9997	71,5 0/0	4,97 0/0	20 Min.	80,5 0/0	0,48
II Gekochte mit Mün- chener Brauwasser	12,024 »	11,971	1,0044	70,7 »	4,56 »	25 Min.	82,5 »	0,65

Hier ist der Quotient $\text{II/I} = 1,0047$, welcher also nicht weit von demjenigen liegt, welcher bei den zugeschickten Würzen aus München gefunden wurde.

Man sieht übrigens aus den obigen Resultaten, dass durch das Münchenerwasser 0,59 0/0 Proteinstoffe aus der Würze entfernt sind; aus den Extraktausbeuten, welche natürlich mit den wahren Extraktgehalten, nicht mit den Tabellangaben ausgerechnet sind, ist weiter ersichtlich, dass die gesammte aus den Würzen durch das Münchenerwasser ausgeschiedene Extraktmenge 1,1 0/0 beträgt, auf die Extraktsubstanz berechnet, während der Proteingehalt um 0,59 0/0 vermindert ist, so dass noch 0,5 0/0 anderer Substanzen ausgeschieden werden.

Vierter Versuch.

Es wurde bei diesem Versuche ein ungarisches Malz angewandt, und die Maische der vier letzten Proben $\frac{1}{2}$ Stunde mit dem Treber gekocht, während die erste Probe ungekocht gelassen wurde; sonst wurde ganz wie bei dem dritten Versuche verfahren.

Art der Würze	Direkt gefund. Extrakt	Extrakt nach der U.-W. Tabelle	Quotient	Protein- gehalt des Extraktes	Verzuck- rungszeit	Extrakt- ausbeute	Scheinbare Vergährung	Farbe
I Ungekochte Infusionswürze mit destilliertem Wasser .	12,305 ‰	12,343	0,9969	4,48 ‰	25 Min.	71,1 ‰	„	0,40
II Gekochte do. mit destill. Wasser . .	12,351 „	12,419	0,9945	4,20 „	25 „	71,4 „	„	0,45
III Gekochte do. mit «Carlsberg»-Wasser	12,213 „	12,221	0,9993	3,77 „	30 „	70,5 „	73,6 ‰	0,55
IV Gekochte do. mit Münchener Wasser	11,407 „	11,421	0,9988	3,67 „	30 „	70,5 „	„	0,65
V Gekochte do. mit Wasser 0,5 Gr. CaCO ₃ pr. liter, enthaltend . . .	12,207 „	12,175	1,0026	3,68 „	30 „	70,5 „	75,0 „	0,7

$$\text{III/II} = 1,0043$$

$$\text{IV/II} = 1,0048$$

$$\text{V/II} = 1,0081.$$

Fünfter Versuch.

Es wurde ein dänisches Malz aus Lolland angewandt, sonst ist ganz wie bei dem vorigen Versuche verfahren, indem neben natürlichem Wasser künstlich dargestelltes Gipswasser untersucht wurde.

Art der Würze	Direkt gefund. Extrakt	Extrakt nach der U. W.- Tabelle	Quotient	Protein- gehalt des Extraktes	Verzuck- rungszeit	Extrakt- ausbeute	Scheinbare Vergährung	Farbe
I Gekochte Infusionswürze mit destill. Wasser	13,068 ‰	13,095	0,9979	4,50 ‰	20 Min.	75,5 ‰	74,5 ‰	0,4
II do. mit Gipswasser, 0,5 Gr. CaSO ₄ pr. liter enthaltend .	13,194 „	13,171	1,0012	5,07 „	17 „	76,3 „	74,1 „	0,4

Wie man aus diesen Versuchen mit gekochten Würzen sieht, üben sowohl ein gipshaltiges, wie ein calciumkarbonat-haltiges Wasser einen nicht unbedeutenden Einfluss auf den Tabellquotienten aus, und zwar ist eine solche Wirkung bei calciumkarbonat-haltigem Wasser bedeutend grösser, als bei gipshaltigem von derselben Stärke. Es ist aber auch in einer anderen Beziehung ein wesentlicher Unterschied zwischen diesen zwei Wässern. Während ein Gipsgehalt die Verzuckrungszeit verkürzt, die

Extraktausbeute und den Proteingehalt des Extraktes vermehrt, und die Farbe nicht vertieft, so verlängert ein Gehalt von Kalciumkarbonat die Verzuckungszeit, verringert die Ausbeute und den Proteingehalt und ruft eine tiefere Farbe der Würze hervor. Alles deutet darauf, dass die stickstoffhaltigen Substanzen der Würze durch das Kochen mit kalciumkarbonathaltigem Wasser eine bedeutende Veränderung erleiden; das lässt sich ausser der schon genannten Vertieferung der Farbe auch aus der auffallend stärkeren Zersetzbarkeit des Extraktes während des Trocknens schliessen.

Durch die genannten verschiedenen Wirkungen der beiden Wässer lässt sich die etwas verschiedene Wirkung des Carlsberg- und Münchener-Brauwassers erklären; da das Carlsberg-Wasser relativ mehr Gips enthält, und weniger Kalciumkarbonat, als das Münchenerwasser, so ruft es, ob schon es mehr feste Bestandteile enthält, doch eine geringere Abweichung der Tabellquotienten hervor; auch ist derselben Ursache wegen die Vertiefung der Farbe geringer.

Das Kochen der Würze ruft eine deutliche Veränderung des Tabellquotienten hervor; bekanntlich besteht die wesentliche Wirkung des Kochens der Würze in einer teilweisen Koagulation der Eiweisskörper, und dieser Mangel der Flüssigkeit der stickstoffhaltigen Bestandteile ist unzweifelhaft die wesentliche Ursache des veränderten Tabellwerths. Bei dem Kochen wird der Tabellquotient verringert d. h. zu demselben specifischen Gewicht entspricht bei ungekochten Würzen ein höherer Extraktgehalt als bei gekochten, und zwar ist der Quotient zwischen diesen Werthen 1,0025. Uebrigens folgen, wie wir früher berührt haben, die ungekochten Würzen nicht genau dem Verdünnungsgesetze der Normalgleichung; die Abweichungen sind aber ohne nennenswerthe Bedeutung.

Eine weitere Beweisführung für die genannte Grösse des Quotienten ist hier unnöthig, da wir später zahlreiche Versuche mit gekochten und ungekochten Würzen anführen werden, nur wird ein einziger Versuch mit derselben Würze vor und nach dem Kochen angeführt.

I. Ungekochte Vorderwürze aus der Christiania Aktienbrauerei.

II. Dieselbe Würze, 3 Stunden gekocht.

Das Trocknen der Würze I gab das Resultat:

Sp. Gw. 15°/15°	Direkt gef. Extrakt	Nach U. W.-Tabelle	Quotient
1,06309	15,000 %	14,997 %	1,0003

Die Extraktbestimmung in Probe II gab:

Sp. Gw. 15°/15° C.	Direkt gef. Extrakt	Nach U. W.-Tabelle	Quotient
1,06451	15,284	15,318	0,9978

$$I/II = \frac{1,0003}{0,9978} = 1,0025.$$

Da die Gährung der Würze eine bedeutende Menge der Bestandteile des Extraktes entfernt, wesentlich verschiedene Zuckerarten, wie Dextrose, Lævulose, Sacharose, Maltose etc. und Eiweisskörper, und andererseits dem Extrakt kleinere Mengen neugebildeter Stoffe zuführt, ist eine bedeutende Veränderung des Tabellquotient bei der Gährung zu erwarten, und dieses ist auch in der That der Fall.

Die Versuche haben erwiesen, dass bei einer ausgegohrenen Würze die Extraktlösung von einem gewissen specifischen Gewichte weniger Trockensubstanz enthalten wird als eine Würze von demselben specifischen Gewichte; der Tabellquotient wird also kleiner werden, wie auch aus theoretischen Betrachtungen hervorgehen wird, indem bei der Gährung hauptsächlich Substanzen mit verhältnüssig kleineren Molekulargewichten entfernt werden, welche kleinere specifische Gewichte besitzen, als die zurückbleibenden.

Wenn auf gewöhnliche Weise mit reinem Wasser dargestellte Würzen gähren, beträgt der Tabellquotient des erhaltenen Biers 0,990, des heisst: eine vollständig ausgegohrene Bierextraktlösung enthält 1 % weniger Trockensubstanz, als die entsprechende Würze von demselben specifischen Gewichte.

Diese Thatsache hier mit Beispielen zu belegen, ist überflüssig, da wir später eine grosse Anzahl Bestimmungen von Würzen und Bierextrakten, welche mit reinem Wasser dargestellt sind, anführen werden.

Folgt aber die zu dem Biere benutzte Würze nicht genau der aufgestellten Würzetabelle, sondern weicht wegen Benutzens kalkhaltigen Wassers oder aus anderen Ursachen von dem Tabellwerth ab, so wird der Extraktgehalt der Bierextraktlösung nicht um 1 % niedriger sein, als derjenige der entsprechenden Würze von demselben specifischen Gewichte, sondern er wird etwas höher werden.

Ist z. B. der Tabellquotient einer abweichenden Würze als 1,003 statt wie gewöhnlich 1,000 gefunden, so wird der Tabellquotient des ausgegohrenen Bierextrakts 0,996 statt 0,990 sein.

Genauere Untersuchungen dieser Thatsache haben gezeigt, dass diese Abweichung mit dem steigenden Vergährungsgrade zunimmt, so dass die Erscheinung ganz einfach darin ihre Ursache hat, dass die Substanzen, welche die Abweichung veranlassen, wesentlich unvergährbar sind, sich daher in dem nach der Gährung zurückbleibenden Extrakte anhäufen, und so eine noch grössere Abweichung hervorrufen. Nach dieser Ansicht muss die Abweichung nach folgender Formel steigen:

$$D_B = \frac{D_w}{100 \div F} \times 100,$$

wobei D_w die Differenz zwischen dem Tabellquotienten der entsprechenden Würze und 1,000, D_B die Differenz zwischen dem Tabellquotienten des untersuchten Bierextraktes und 0,9900, und F der Vergährungsgrad des Bieres sind.

Hat also z. B. die benutzte Würze einen Tabellquotienten gleich 1,003, und das vorliegende Bier eine Vergährung von 50 %, so ist sein Tabellquotient 0,996.

Folgende Versuche zeigen, mit welcher Genauigkeit diese Annahme mit den Thatsachen stimmt:

	Spec. Tabell- quotient		Sp. Tabell- quot. gefun.	Sp. Tabell- quot. ber.	F.
Würze aus «Alt Carlsberg», Kopenhagen	$\left\{ \begin{array}{l} 1,0048 \\ 1,0045 \end{array} \right.$	Bier aus der- selbe Würze	$\left\{ \begin{array}{l} 1,0093 \\ 1,0092 \end{array} \right.$	1,0115	59,9
Würze aus «Rahbecks Allé», Kopenhagen	$\left\{ \begin{array}{l} 1,0065 \\ 1,0062 \end{array} \right.$	Bier aus der- selbe Würze	$\left\{ \begin{array}{l} 1,0106 \\ 1,0103 \end{array} \right.$	1,0127	60,5

Wie aus diesen Zahlen ersichtlich, sind die wirklich gefundenen specifischen Tabellquotienten der Bierextrakte etwas niedriger, als die berechneten, welches darin seine Ursache hat, dass die Substanzen, welche die Abweichungen hervorrufen, teilweise vergährbar sind; die Differenzen zwischen den wirklich gefundenen und den berechneten Werthen sind aber so klein, dass sie die praktische Brauchbarkeit der Formel nicht beeinträchtigen.

Ich habe auch untersucht, wie sich der specifische Tabellquotient mit der Vergährung ändert. Man könnte annehmen, dass wenn man den Tabellquotienten der Würze und des ganz ausgegohrenen Bierextraktes kenne, man durch eine einfache lineare Interpolation den Tabellquotienten für jeden unvollständig ausgegohrenen Bierextrakt finden würde.

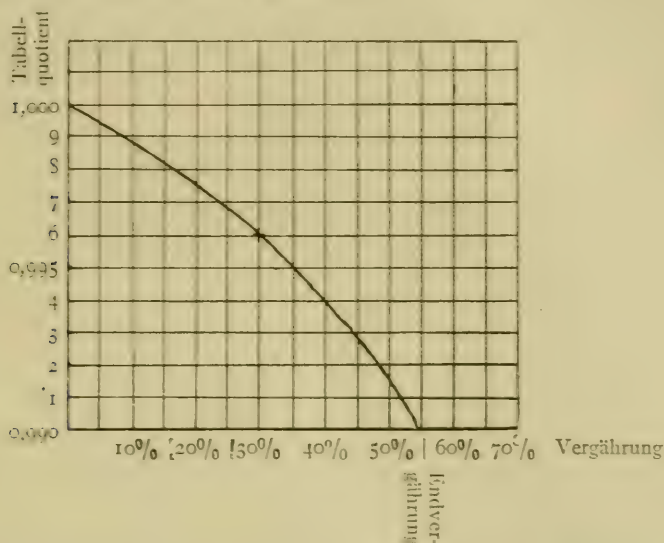
So könnte man annehmen, dass wenn der Tabellquotient der Würze gleich 1,000 ist, und der Quotient des vollständig ausgegohrenen Bierextraktes mit z. B. 60 % Endvergährung, 0,990 beträgt, der specifische Tabellquotient eines Extraktes mit 30 % Vergährung

$$1,000 \div \frac{30}{60} \cdot 0,01 = 0,995 \text{ betragen würde.}$$

Dieses ist aber nicht genau der Fall. In der That verändert sich der Tabellquotient bei der Gährung erstens langsamer, als nach dieser Betrachtung anzunehmen ist, um später rascher als erwartet abzunehmen.

Ich habe diese Sache nicht so vollständig untersucht, dass ich mit vollständiger Genauigkeit diese Abweichung für alle Vergährungsgrade angeben kann, nur habe ich festgestellt, dass bei unserem norwegischen

«Potöl», welches einen Vergährungsgrad von ca. 30 % besitzt, der Tabellquotient in der That 0,996 beträgt, während 0,994 zu erwarten ist. Mit- telst dieser Angabe kann man mit für gewöhnliche Versuche genügender Genauigkeit den Tabellquotienten für jede Vergärung graphisch finden, wie nebenstehende Zeichnung darstellt.



Diese unerwartete Abweichung hat wahrscheinlich darin ihre Erklärung, dass während der Gärung zuerst solche Substanzen entfernt werden, welche wenig Einfluss auf den Tabellquotienten ausüben, dann später solche, welche bedeutend niedrigere Tabellquotienten besitzen.

Die verschiedene Trocknungstemperatur auf der Darre übt keinen nennenswerthen Einfluss auf den spezifischen Tabellquotienten aus, obschon zu erwarten wäre, dass das scharfe Trocknen, welches einen niedrigen Endvergährungsgrad der bezogenen Würze hervorruft, eine merkbare Veränderung auf den Quotienten ausübte.

Folgende Versuche bestätigen die oben genannte Thatsache:

	Sp. Gw. 15°/15°	Direkt gef. Extrakt	Extrakt nach U. W.-Tabelle	Farbe
<i>Laboratorien-Infusionswürze</i>	1,05261	12,604 %	12,608 %	
ungekochte, aus Pilsenermalze	1,03552	8,631 "	8,631 "	0,2
	1,01712	4,226 "	4,223 "	
<i>Laboratorien-Infusionswürze</i>	1,05206	12,484 "	12,482 "	
ungekochte, aus Prosntizer Malze	1,02561	6,279 "	6,273 "	0,5
<i>Laboratorien-Infusionswürze</i>	1,05409	12,951 "	12,949 "	
ungekochte, aus dänischem Malze	1,03716	9,026 "	9,017 "	0,7
	1,01878	4,627 "	4,626 "	

Auch die verschiedenen Braumethoden, welche in der Praxis angewendet werden, üben keinen merkbaren Einfluss auf den Tabellwerth aus. Obschon z. B. die Dekoktmethode und die Infusionsmethode sehr verschieden sind, und eine verschiedene chemische Zusammensetzung der Würze bewirken, so kann ich doch keine Verschiedenheiten in dem Verhältnisse zwischen den Trockensubstanzen und dem specifischen Gewichte nachweisen.

So sieht man aus folgendem Beispiele, dass eine Dekoktwürze aus der Christiania Aktienbrauerei vollkommen mit derjenigen Tabelle stimmt, welche mittelst im Laboratorium dargestellter Infusionswürzen aufgestellt ist:

	Sp. Gew. 15° / 15°	Extrakt, direkt gefun.	Extrakt, nach U. W.-Tabelle
<i>Ungekochte Vorderwürze</i>	1,04309	10,406 %	10,405 %
nach dem bayerischen	1,02158	5,305 "	5,304 "
Dekoktverfahren	1,03706	8,990 "	8,993 "

Auch der Hopfenzusatz zu der Würze während des Kochens hat keine nachweisbare Wirkung auf den specifischen Tabellquotienten.

Dieses geht aus der Thatsache hervor, dass der Tabellquotient genau dieselbe Aenderung durch das Kochen erleidet, ob der Hopfen zugesetzt wird oder nicht.

Wie wir nämlich auf S. 54 gesehen haben, wird der Tabellquotient beim Kochen einer Vorderwürze im Laboratorium ohne Hopfenzusatz von 1,0025 zu 1,0000 verändert; dass dasselbe bei dem Hopfenkochen in der Brauerei auch der Fall ist, geht aus den zahlreichen später angeführten Versuchen sowohl mit Vorderwürzen wie gehopften Würzen hervor, so dass eine Anführung dieser Versuche hier überflüssig ist.

Die Uebereinstimmung der untersuchten Lösungen mit den Tabellen.

Aus den eben angeführten Untersuchungen über diejenigen Faktoren, welche einen Einfluss auf den Tabellquotienten ausüben, ist ersichtlich, dass die Benutzung einer einzigen Tabelle, um den wahren Extraktgehalt mittelst des specifischen Gewichtes der Lösung mit wissenschaftlicher Genauigkeit zu finden, nicht zum Ziele führen würde.

Vielmehr ist es nothwendig, um eine grosse Genauigkeit zu erzielen, die verschiedenen Lösungen, welche zur Untersuchung kommen, in mehrere Gruppen einzuteilen, und eine Tabelle für jede Gruppe auszurechnen.

In dieser Beziehung kann man die Lösungen in folgende Gruppen teilen:

- I. Ungekochte Würzen (U W-Tabelle).
- II. Gekochte Würzen (K W-Tabelle).
- III. Teilweis vergohrene Würzen (ca. 30 % Vergähr) (W B-Tabelle).
- IV. Ausgegohrene Extrakte (B B-Tabelle).

Begnügt man sich aber mit einer geringeren Genauigkeit, welche für den praktischen Zweck in den meisten Fällen hinreicht, so werden wir später sehen, dass wir auch eine einzige, für alle in Frage kommenden Lösungen geltende, Universaltablelle (U-Tabelle) aufstellen können, und erst eine solche, für alle Würzen und Bierextrakte geltende wird die volle Bedeutung für die Praxis haben.

I.

Tabelle für ungekochte Würzen (U. W.-Tabelle).

Diese Tabelle wird durch die Gleichung ausgedrückt (S. 46):

$$s = 1 + 0,00399303 e + 0,000014229 e^2.$$

Mit dieser Gleichung rechnet man folgende Tabellen aus:

c	S 15 ° / 15 °	S 17,5 ° / 17,5 °
1 ‰	1,00401	1,00400
2 »	1,00804	1,00802
3 »	1,01211	1,01207
4 »	1,01620	1,01615
5 »	1,02032	1,02026
6 »	1,02447	1,02440
7 »	1,02865	1,02856
8 »	1,03286	1,03276
9 »	1,03709	1,03698
10 »	1,04135	1,04123
11 »	1,04565	1,04551
12 »	1,04997	1,04982
13 »	1,05431	1,05415
14 »	1,05869	1,05852
15 »	1,06310	1,06291

Diese Tabelle hat ein besonderes Interesse, weil sie bei den Malz-
ausbeutebestimmungen anzuwenden ist, wenn man nach der Vereinbarungs-
methode arbeitet, nach welcher die Würze nicht gekocht werden darf.

In folgender Uebersicht werden die ausgeführten Trockenversuche
mit den Angaben der Tabelle zusammengestellt.

Es wird hier bemerkt, dass ich bei den folgenden Kontrollversuchen
mit jeder Würze nur einen einzigen Trockenversuch ausgeführt habe;
ausserdem sind Gewichtsverdünnungen nebst Bestimmungen des specifischen
Gewichtes der erhaltenen Lösungen ausgeführt, und aus dem Trocken-
gehalte der ursprünglichen Lösung durch Multiplikation mit dem Verdün-
nungsfaktor die Trockengehalte der verdünnten Lösungen berechnet.
Durch diese Versuche kann man prüfen, ob die verschiedenen Würzen
bei verschiedenen specifischen Gewichte der Tabelle überall folgen.

Wie hieraus hervorgeht, ist von den in der folgenden Uebersicht auf-
geführten Lösungen immer die stärkste zur direkten Trockenbestimmung
benutzt.

[illegible]

Art der Lösung	Sp. Gew. 15°/15°	Extrakt direkt gefunden	Extrakt nach U. W.-Tabelle	Differenz	Quotient	Farbe der 12° Lösung	Anmerkung
		%	%				
<i>Vorderwürze</i> aus ABC-Brauerei, Christiania, Novbr. 1894	1,04309	10,406	10,405	+1			Reines Brauwasser
	1,03706	8,990	8,993	—3			
	1,02158	5,305	5,304	+1			
<i>Vorderwürze</i> aus ABC-Brauerei, Mai 1895	1,06309	15,000	14,997	+3			Reines Brauwasser
<i>Vorderwürze</i> aus Hansa Brauerei, Bergen, Norwegen, März 1895	1,05305	12,741	12,710	+31	1,0024		Nicht so rein Was- ser wie in Chr. ania
	1,02592	6,371	6,347	+24	1,0038		
<i>Vorderwürze</i> aus der Brauerei «Alt Carlsberg», Kopenhagen	1,08662	20,332	20,233	+99	1,0049		Unreines Brau- wasser
	1,04174	10,164	10,092	+72	1,0071		
<i>Vorderwürze</i> zu Braunbier aus einer Münchener-Brauerei	1,05771	13,824	13,776	+48	1,0035		Unreines Brau- wasser
	1,02817	6,916	6,885	+31	1,0045		

II.

Tabelle für gekochten Würzen. (K.W.-Tabelle.)

Die Tabelle entspricht der Gleichung

$$s = 1 + 0,0039921 e + 0,000015136 e^2$$

e	S 15°/15°	S 17,5°/17,5°
1 °/°	1,00401	1,00401
2 "	1,00804	1,00802
3 "	1,01211	1,01208
4 "	1,01621	1,01616
5 "	1,02034	1,02028
6 "	1,02450	1,02443
7 "	1,02869	1,02860
8 "	1,03291	1,03281
9 "	1,03715	1,03705
10 "	1,04143	1,04131
11 "	1,04574	1,04561
12 "	1,05008	1,04994
13 "	1,05446	1,05430
14 "	1,05886	1,05868
15 "	1,06329	1,06310
16 "	1,06775	1,06755

e	S 15°/15°	S 17,5°/17,5°
17 "	1,07224	1,07202
18 "	1,07676	1,07653
19 "	1,08131	1,08107
20 "	1,08590	1,08564
21 "	1,09051	1,09024
22 "	1,09515	1,09487
23 "	1,09983	1,09953
24 "	1,10453	1,10421
25 "	1,10926	1,10893

Anm. Wenn man, wie bei Polarisationsversuchen das Gewicht des Extraktes in 100 Ccm. zu wissen wünscht, so kann man für den praktischen Gebrauch folgende lineäre Gleichung benutzen:

$\epsilon = (s \div 1) 251,5,$

wenn ϵ das Gewicht des Extraktes in 100 Ccm. Lösung bedeutet.

Folgende Zahlen zeigen, mit welcher Genauigkeit die Angaben dieser Formel mit den genauen Werthen stimmen:

Sp. Gw. 15°/15°	Nach der lineären Gleich.	Genau
1,0200	5,03 Gr.	5,02 Gr.
1,0400	10,06 "	10,05 "
1,0600	15,09 "	15,11 "

Folgende Kontrolversuche mit verschiedenen gekochten, gehopften wie ungehopften Würzen, sowohl nach dem Dekokt-, wie Infusionsverfahren dargestellten zeigen die Brauchbarkeit der aufgestellten K. W.-Tabelle:

Ursprung der Würze	Sp. Gw. 15°/15°	Extrakt direkt gefunden	Extrakt nach K. W.-Tabelle	Differenz	Quotient	Anmerkung
		%	%			
Gehopfte bayerische Würze aus «Christiania Aktienbrauerei», Norwegen, Septbr. 1894.	1,05546	13,228	13,228	0		Reines Brauwasser
	1,02740	6,687	6,693	÷6		
	1,01400	3,462	3,459	+3		
	1,03903	9,439	9,437	+2		
Gehopfte bayerische Würze aus «Christiania Aktienbrauerei», Mai 91.	1,09127	21,162	21,164	—2		Reines Brauwasser
	1,07639	17,964	17,962	+2		
	1,06310	14,963	14,958	+5		
	1,05002	11,991	11,986	+5		
	1,03716	8,994	9,001	÷7		
	1,02446	5,995	5,990	+5		
	1,01215	2,998	3,010	÷12		

Ursprung der Würze	Sp. Gew. 15°/15°	Extrakt direkt gefunden	Extrakt nach U. W.-Tabelle	Differenz	Quotient	Anmerkung
		‰	‰			
<i>Gehopfte Bockbierwürze</i>	1,08132	18,993	18,994	—1		
aus Chr. Aktienbr. 1894	1,04429	10,660	10,661	—1		Reines Brauwasser
	1,02243	5,496	5,502	—6		
<i>Gehopfte Culmbacherwürze</i>	1,06418	15,210	15,199	+11		
aus Chr. Aktienbrauerei 1894	1,03758	9,103	9,099	+4		Reines Brauwasser
	1,01959	4,818	4,817	+1		
<i>Gehopfte Pilsenerwürze</i>	1,04900	11,751	11,747	+4		
aus Chr. Aktienbrauerei 1894	1,03065	7,466	7,466	0		Reines Brauwasser
	1,01854	4,562	4,563	—1		
<i>Gehopfte „Potöl“ Würze</i>	1,03512	8,523	8,523	0		
aus Chr. Aktienbrauerei 94	1,01756	4,326	4,326	0		Reines Brauwasser
<i>Gehopfte bayerische Würze</i>	1,06585	15,575	15,574	+1		Reines Brauwasser
aus Chr. Aktienbrauerei Mai 95						
<i>Gehopfte bayerische Würze</i>	1,05222	12,528	12,488	+40	1,0032	Weniger reines Wasser als in Christiania
aus Christiansand Brauerei, Nwg.						
<i>Gehopfte bayerische Würze</i>	1,05950	14,178	14,145	+33	1,0023	Weniger reines Wasser als in Christiania
aus Thronhjelm Brauerei, Nwg.						
<i>Gehopfte bayerische Würze</i>	1,05788	13,809	13,777	+32	1,0023	Weniger reines Wasser als in Christiania
aus Hansa Brauerei, Bergen, Nwg.						
<i>Gehopfte bayerische Würze</i>	1,05545	13,288	13,225	+64	1,0048	Unreines
aus Brauerei «Alt Carlsberg»,	1,02741	13,290	6,695	+30	1,0045	Brauwasser
Kopenhagen, 1894		6,725				
<i>Gehopfte bayerische Würze</i>	1,04792	11,576	11,502	+74	1,0065	Unreines
aus der Brauerei bei «Rahbeks	1,02455	6,049	6,012	+37	1,0062	Brauwasser
Allé», Kopenhagen, 1894						
<i>Gehopfte Doppelbierwürze</i> aus der	1,07080	16,816	16,679	+133	1,0082	Unreines
Br. bei «Rahbeks Allé», Kph.	1,03689	9,015	8,939	+76	1,0085	Brauwasser
<i>Gehopfte Würze zu „Hvidtöl no. 1“</i>	1,03069	7,498	7,474	+24	1,0032	Unreines
aus der Br. bei «Rahbeks Allé» 94	1,01473	3,647	3,639	+8	1,0022	Brauwasser
<i>Gehopfte Würze für „Münchener</i>	1,05922	14,162	14,082	+80	1,0057	Unreines
<i>Braubier“</i> aus «Wiss. Station,	1,02888	7,083	7,046	+37	1,0053	Brauwasser
in München», bezogen 95						

Ursprung der Lösung	Sp. Gew. 15°/15°	Extrakt direkt gefunden	Extrakt nach U. W.-Tabelle	Differenz	Quotient	Anmerkung
		0/0	0/0			
<i>Vorderwürze aus ABC-Brauerei</i>	1,06451	15,284	15,274	+10		Reines
auf dem Laboratorium 3 St. ohne	1,03140	7,641	7,642	—1		Brauwasser
Hopfenzusatz gekocht, 1895.						
<i>Gekochte Infusionswürze</i>						
aus Prosritzer Malze, im Labora-	1,05151	12,320	13,324	—4		Normaler Proteiñ-
torium zubereitet.						gehalt (4,97 ⁰ / ₀ des Extraktes)
<i>Gekochte Infusionswürze aus un-</i>						
garischem Malze, im Labor. zuber.	1,05179	12,351	12,391	—40	0,9968	Abnorm niedriger Proteingehalt (4,20 ⁰ / ₀ des Extr.)

III.

Tabelle für teilweise vergohrene Würzen

mit ca. 30⁰/₀ Vergährung. (W. B.-Tabelle.)

Da oft in der Praxis Biersorten vorkommen, welche mit Oberhefe vergohren sind und daher einen geringeren Vergährungsgrad besitzen, etwa die Hälfte der Endvergährung, also ca. 30⁰/₀, so habe ich es als wünschenswerth angesehen, eine eigene Tabelle aufzustellen, welche für solche halb vergohrene Bierextrakte gilt.

Wird also ein Vergährungsgrad von 30⁰/₀ als der mittlere angesehen, so ist nach S 57 der spezifische Tabellquotient 0,996 in die Normalgleichung S 43 einzuführen, um die gewünschte Gleichung zu erhalten.

Man wird auf diese Weise finden:

$$s = 1 + 0,00400811 e + 0,000015258 e^2.$$

e	S 15°/15°	S 17,5°/17,5°
1 ⁰ / ₀	1,00402	1,00401
2 „	1,00808	1,00805
3 „	1,01216	1,01213
4 „	1,01628	1,01623
5 „	1,02042	1,02036
6 „	1,02460	1,02453
7 „	1,02881	1,02872
8 „	1,03304	1,03294
9 „	1,03731	1,03720
10 „	1,04161	1,04148

e	S 15° / 15°	S 17,5° / 17,5°
11 %	1,04594	1,04580
12 »	1,05030	1,05015
13 »	1,05469	1,05452
14 »	1,05911	1,05893
15 »	1,06356	1,06336

Die Tabelle kann mit folgenden Versuchen belegt werden:

Ursprung des Bieres	Sp. Gew. 15° / 15°	Extrakt, direkt gefunden	Extrakt nach U. W.-Tabelle	Differenz	Quotient	Vergährungs- grad	Anmerkung
		%	%				
<i>Extrakt aus „Potöl“ aus Chr. Aktienbrauerei, Norwegen</i>	1,04405	10,563	10,563	0			
	1,02999	7,278	7,279	—1		30,8	Reines Brauwasser
	1,01440	3,541	3,544	—3			
<i>„Extrakt aus Husholdningsöl“ aus Schou's Brauerei, Norwegen</i>	1,04654	11,143	11,138	+5			
	1,03098	7,514	7,513	+1		33,2	Reines Brauwasser
	1,01756	4,307	4,309	—2			
<i>Extrakt aus „Hvidtöl no. 1“ aus der Brauerei bei «Rahbeks Allé», Kopenhagen</i>	1,04450	10,798	10,667	+131	1,0123	31,5	Unreines Braumwasser
<i>Extrakt aus „Dobbeltöl“ aus der Brauerei bei «Rahbeks Allé», Kph.</i>	1,06580	15,728	15,500	+228	1,0147	19,8	Unreines Braumwasser
	1,03350	8,224	8,108	+116	1,0143		Niedriger Ver- gährungsgrad

IV.

Tabelle für ausgegohrene Bierextrakte (B.-Tabelle).

Diese Tabelle gilt für diejenigen Extrakte, welche aus solchen Bier-sorten bezogen sind, welche ihre Endvergährungsgrade fast vollständig erreicht haben, also für fast alle untergährigen Bierarten; ihr Vergährungs-grad liegt gewöhnlich zwischen 50 und 60 %.

Die Tabelle wird durch folgende Gleichung ausgedrückt: (S. 44 und 55).

$$s = 1 + 0,004032 e + 0,00001544 e^2.$$

e	S 15° / 15°	S 17,5° / 17,5°
1 %	1,00405	1,00404
2 »	1,00813	1,00811
3 »	1,01224	1,01220
4 »	1,01638	1,01633

e	S 15°/15°	S 17,5°/17,5°
5 ‰	1,02055	1,02049
6 „	1,02475	1,02468
7 „	1,02898	1,02889
8 „	1,03324	1,03314
9 „	1,03754	1,03742
10 „	1,04186	1,04173
11 „	1,04622	1,04608
12 „	1,05061	1,05046
13 „	1,05503	1,05486
14 „	1,05948	1,05930
15 „	1,06396	1,06377

Folgende Kontrollversuche zeigen, mit welcher Genauigkeit die Tabelle die Extraktgehalte angibt:

Ursprung des Bieres	Sp. Gew. 15°/15°	Extrakt, direkt gefunden	Extrakt nach U. W.-Tabelle	Differenz	Quotient	Verfälschungs- grad	Anmerkung
		‰	‰				
Norwegische Biere:	1,06364	14,932	14,929	+3			
<i>Extrakt aus bayerischem Biere</i>	1,05000	11,864	11,861	+3		56,1	Reines Brauwasser
aus «Christiania Aktienbrauerei»	1,03285	7,906	7,908	—2			
April 1893	1,01621	3,955	3,959	—4			
<i>Extrakt aus Bockbier</i>	1,03643	8,748	8,744	+4			
aus «Chr. Aktienbrauerei»	1,02214	5,378	5,379	—1		52,4	Reines Brauwasser
October 1893	1,01032	2,527	2,533	—6			
<i>Extrakt aus Exportbiere</i>	1,02434	5,906	5,904	+2			
aus «Chr. Aktienbrauerei» 93	1,01305	3,188	3,196	—8		56,0	Reines Brauwasser
<i>Extrakt aus bayerischem Biere</i>	1,05959	14,031	14,025	+6			
aus «Chr. Aktienbrauerei»,	1,04001	9,572	9,570	+2		54,8	Reines Brauwasser
September 1894	1,02976	7,182	7,183	—1			
<i>Extrakt aus Pilsenerbier</i>	1,02688	6,507	6,504	+3			
aus «Ringnæs Brauerei», Chr. 93	1,01257	3,079	3,080	—1		57,4	Reines Brauwasser
<i>Extrakt aus bayerischem Biere</i>	1,03292	7,930	7,925	+5			
aus «Ringnæs Br.», Christiania 93	1,01653	4,041	4,036	+5		50,6	Reines Brauwasser
<i>Extrakt aus bayerischem Biere</i>	1,02582	6,267	6,253	+14			
aus «Christiania Br.», Nrwg. 93	1,01384	3,395	3,387	+6		61,7	Reines Brauwasser
<i>Extrakt aus bayerischem Biere</i>	1,04545	10,837	10,825	+12			
aus «Chr. Aktienbrauerei» 95						55,9	Reines Brauwasser

Ursprung des Bieres	Sp. Gew. 15°/150	Extrakt, direkt gefunden	Extrakt nach U. W. - Tabelle	Differenz	Quotient	Vergährungs- grad	Anmerkung
		‰	‰				
<i>Extrakt aus bayerischem Biere</i> aus «Chr. Aktienbrauerei» 96	1,04259	10,182	10,167	+15		51,2	Reines Brauwasser
<i>Extrakt aus Bockbier</i> aus «Frydenlund Br.», Nrwg. 95	1,06882	16,133	16,077	+56	1,0035	53,7	Reines Brauwasser
<i>Extrakt aus bayerischem Biere</i> aus «Vestfold Br.», Nrwg. 95	1,04589	10,990	10,925	+65	1,0060	55,7	Weniger reines Wasser als in Christiania
<i>Extrakt aus bayerischem Biere</i> aus «Christiansand Br.», Nrwg. 95	1,05405	12,815	12,778	+37	1,0029	56,4	Weniger reines Wasser als in Christiania
<i>Extrakt aus bayerischem Biere</i> aus «Thronðhjem Br.», Nrwg. 95	1,04607	10,997	10,965	+32	1,0029	53,0	Weniger reines Wasser als in Christiania
<i>Extrakt aus bayerischem Biere</i> aus «Hansa Br.», Bergen, Nrwg. 95	1,04364	10,416	10,408	+8		50,3	Fast ebenso reines Wasser wie in Christiania
Dänische Biere:							
<i>Extrakt von „Lagerbiere“</i> aus der Br. «Alt Carlsberg», Kphg. 94	1,04493 1,02340	10,803 5,730	10,704 5,678	+99 +52	1,0093 1,0092	59,9	Unreines Brauwater
<i>Extrakt von „Lagerbiere“</i> aus der «Br. bei Rahbeks Allé», Kphg. 94	1,04232 1,02038	10,213 5,010	10,106 4,959	+107 +51	1,0106 1,0103	60,5	Unreines Brauwater
Deutsche Biere:							
<i>Extrakt von „Exportbier“</i> aus der Staatsbrauerei, Weihenstephan 94	1,05717 1,02685	13,608 13,603 6,554	13,481 6,497	+124 +57	1,0092 1,0088	57,4	Unreines Brauwater
<i>Extrakt aus „Münchenerbier“</i> aus einer Münchener Br. bez. 94	1,04768 1,02443	11,441 5,977	11,334 5,924	+107 +53	1,0095 1,0090	46,9	Unreines Brauwater
<i>Extrakt von „Leistbräu“</i> aus München, März 95	1,04149 1,02039	9,979 4,990	9,913 4,961	+66 +29	1,0059 1,0066	46,6	Unreines Brauwater
<i>Extrakt von „Eberlbräu“</i> aus München, März 95	1,05445 1,02659	13,023 6,512	12,869 6,435	+154 +77	1,0119 1,0120	43,9	Unreines Brauwater
<i>Extrakt von „Spatenbräu“</i> aus München, März 95	1,05137 1,2515	12,310 6,158	12,172 6,095	+138 +63	1,0114 1,0103		Unreines Brauwater

Die Universal-Tabelle. (U.-Tabelle.)

Wie man aus den Kontrollversuchen mit den verschiedenen Partialtabellen sieht, kann man gewiss mit solchen Tabellen eine bedeutende Genauigkeit erzielen, indem die Differenzen der Quotienten zwischen dem direkt gefundenen Extraktgehalte und der Angabe der Tabelle nur selten mehr als 0,002 betragen. Um aber diese Genauigkeit zu erhalten, ist es nicht allein nothwendig, für die verschiedenen in der Brauerei vorkommenden Lösungen, wie ungekochte Würzen, gekochte Würzen und Bierextrakte mit verschiedener Vergärung eigene Tabellen aufzustellen, sondern man muss auch auf die speciellen örtlichen Brauwässer Rücksicht nehmen.

Aus diesen Ursachen muss natürlich die Benutzung der Tabellen etwas umständlich werden, und es kommt ihnen nicht die allgemeine Geltung zu, welche vor allem zu wünschen wäre.

Das Ziel einer solcher Tabellarbeit wie die vorliegende muss daher weiter sein, zu untersuchen, ob es nicht möglich ist, eine Tabelle aufzustellen, welche für alle in Frage kommenden Lösungen, wie die verschiedenen Würzen und Bierextrakte, gelten kann, ohne dass sie so grosse Fehler gibt, dass sie nicht für praktische Zwecke brauchbar wäre.

Eine solche Tabelle hat man in der That in der früher genannten Tabelle für gekochte Würzen (S. 62); bei Benutzung dieser Tabelle für alle untersuchten Lösungen wird nämlich der genannte Quotient nicht mehr als 0,01 differieren, d. h. eine 10-procentige Lösung wird mit einer Genauigkeit von 0,1 % bestimmt, welche für die meisten praktischen Fälle vollständig genügt.

Eine für jedes specifische Gewicht zwischen 1,0000 und 1,0859 ausgerechnete Tabelle wird dieser Arbeit beigelegt. Die in dieser Tabelle aufgeführten Ccm. sind als «titrimetrische» bei der Normaltemperatur 15° C. anzusehen; durch Multiplication mit 0,99915 können daher die Zahlenangaben in dritter Rubrik zu wahren Ccm. bezogen werden.

Wie man sich aus den folgenden Kontrollversuchen überzeugen kann, gibt diese Universaltablelle bei den Bierextrakten, welche mit reinem Wasser dargestellt sind, zwar einen zu hohen Werth an; die Fehler übersteigen aber nicht die oben genannte Grösse. Andererseits ist die Tabelle bei Würzen mit reinem Wasser und Bierextrakten mit unreinem Wasser fast ganz genau.

Art und Ursprung der Lösung	Sp. Gew. 15° / 15°	Extrakt direkt gefunden	Extrakt nach der U.-Tabelle	Diffe- renz	Quotient
I, Ungekochte Würzen:					
<i>Laboratorien-Infusionswürze</i>	1,0541	12,95 ⁰ / ₀	12,92 ⁰ / ₀	+3	1,003
aus dänischem Malze 1893.	1,0372	9,03 »	9,01 »	+2	1,002
	1,0188	4,63 »	4,63 »	0	0
<i>Laboratorien-Infusionswürze</i>	1,0537	12,84 »	12,83 »	+1	1,001
aus Malz aus Prosnitzer Gerste 92,	1,0381	9,24 »	9,22 »	+2	1,002
	1,0166	4,09 »	4,09 »	0	
<i>Laboratorien-Infusionswürze</i>	1,0526	12,60 »	12,58 »	+2	1,002
aus Pilsenermalz von Wischau.	1,0355	8,63 »	8,61 »	+2	1,002
	1,0171	4,23 »	4,22 »	+1	1,002
<i>Laboratorien-Infusionswürze</i>	1,0521	12,48 »	12,46 »	+2	1,002
Prosnitzer-Malz 94 aus «Erste landwirth. Malzfabrik», 1894 Gerste.	1,0256	6,28 »	6,26 »	+2	1,004
<i>Laboratorien-Infusionswürze</i>	1,0541	12,96 »	12,92 »	+4	1,004
aus dänischem Malze von «de forenede Maltfabrikker, Kopenh.».	1,0248	6,09 »	6,07 »	+2	1,004
<i>Laboratorien-Infusionswürze</i>	1,0639	15,18 »	15,14 »	+4	1,003
aus Münchener-Malz, stark gedarrt.	1,0311	7,60 »	7,57 »	+3	1,004
<i>Laboratorien-Infusionswürze</i>	1,0630	15,03 »	14,93 »	+10	1,007
aus Münchener-Malz, weniger gedarrt.	1,0307	7,52 »	7,48 »	+4	1,006
	1,0628	14,98 »	14,89 »	+9	1,007
	1,0306	7,49 »	7,45 »	+4	1,006
<i>Laboratorien-Infusionswürze</i>	1,0509	12,20 »	12,19 »	+1	1,001
aus Prosnitzer-Malz 94, von «Erste land- wirth. Malzfabrik».					
<i>Laboratorien-Infusionswürze</i>	1,0515	12,31 »	12,32 »	+1	0,999
aus ungarischem Malze 1894.					
<i>Laboratorien-Infusionswürze</i>	1,0487	11,67 »	11,68 »	—1	0,999
aus Pilsenermalze von «Bürgerlichem Brau- hause», Pilsen, 94-Gerste.	1,0239	5,84 »	5,86 »	—2	0,997
<i>Vorderwürze</i>	1,0431	10,41 »	10,39 »	+2	1,002
aus «Christiania Aktienbrauerei» 1894.	1,0371	8,99 »	8,99 »	0	1,000
	1,0216	5,31 »	5,30 »	+1	1,002
<i>Vorderwürze</i>	1,0631	15,00 »	14,96 »	+4	1,003
aus «Christiania Aktienbrauerei» 1895.					

Art und Ursprung der Lösung	Sp. Gew. 15°/15°	Extrakt direkt gefunden	Extrakt nach der U.-Tabelle	Diffe- renz	Quotient
<i>Vorderwürze</i>	1,0531	12,74 ‰	12,69 ‰	+5	1,004
aus «Hansa Brauerei», Norwegen 95.	1,0250	0,37 ‰	0,33 ‰	+4	1,007
<i>Vorderwürze</i>	1,0866	20,33 ‰	20,16 ‰	+17	1,008
aus der Brauerei «Alt Carlsberg», Kph.	1,0417	10,16 ‰	10,06 ‰	+10	1,010
<i>Vorderwürze</i>	1,0577	13,82 ‰	13,74 ‰	+8	1,007
aus Braunbier aus München 95.	1,0282	6,92 ‰	6,88 ‰	+4	1,007
II. Gekochte Würzen.					
	1,0555	13,23 ‰	13,23 ‰	0	
<i>Gehopfte bayerische Würze</i>	1,0274	6,69 ‰	6,69 ‰	0	
aus «Christiania Aktienbrauerei» 1894.	1,0140	3,46 ‰	3,46 ‰	0	
	1,0390	9,44 ‰	9,44 ‰	0	
	1,0913	21,16 ‰	21,16 ‰	0	
	1,0766	17,96 ‰	17,96 ‰	0	
	1,0631	14,96 ‰	14,96 ‰	0	
<i>Gehopfte bayerische Würze</i>	1,0500	11,99 ‰	11,99 ‰	0	
aus «Christiania Aktienbrauerei» 1891.	1,0372	8,99 ‰	9,00 ‰	—1	
	1,0245	6,00 ‰	5,99 ‰	+1	
	1,0122	3,00 ‰	3,01 ‰	—1	
	1,0813	18,99 ‰	18,99 ‰	0	
<i>Gehopfte Bockbierwürze</i>	1,0443	10,66 ‰	10,66 ‰	0	
aus «Christiania Aktienbrauerei» 94.	1,0224	5,50 ‰	5,50 ‰	0	
	1,0642	15,21 ‰	15,20 ‰	+1	
<i>Gehopfte Culmbacherwürze</i>	1,0376	9,10 ‰	9,10 ‰	0	
aus «Christiania Aktienbrauerei» 94.	1,0196	4,82 ‰	4,82 ‰	0	
	1,0490	11,75 ‰	11,75 ‰	0	
<i>Gehopfte Pilsenerwürze</i>	1,0307	7,47 ‰	7,47 ‰	0	
aus «Christiania Aktienbrauerei» 94	1,0185	4,56 ‰	4,56 ‰	0	
	1,0351	8,52 ‰	8,52 ‰	0	
<i>Gehopfte „Fotöl“würze</i>	1,0176	4,33 ‰	4,33 ‰	0	
aus «Christiania Aktienbrauerei» 94.					
<i>Gehopfte bayerische Würze</i>	1,0522	12,53 ‰	12,49 ‰	+4	1,003
aus «Christiansand Brauerei», Norwegen.					
<i>Gehopfte bayerische Würze</i>	1,0595	14,18 ‰	14,15 ‰	+3	1,002
aus «Thronhjems Brauerei», Norwegen.					
<i>Gehopfte bayerische Würze</i>	1,0579	13,81 ‰	13,78 ‰	+3	1,002
aus «Hansa Brauerei», Norwegen.					

Art und Ursprung der Lösung	Sp. Gew. 15° / 15°	Extrakt direkt gefunden	Extrakt nach der U.-Tabelle	Diffe- renz	Quotient
<i>Gehopfte bayerische Würze</i> aus «Christiania Aktienbrauerei» 1895.	1,0659	15,58 ‰	15,57 ‰	+1	
<i>Gehopfte bayerische Würze</i> aus «Alt Carlsberg», Kopenhagen.	1,0555 1,0274	13,29 » 6,73 »	13,23 » 6,70 »	+6 +3	1,005 1,005
<i>Gehopfte bayerische Würze</i> aus d. B. b. «Rahbecks Allé», Kopenh.	1,0479 1,0246	11,58 » 6,05 »	11,50 » 6,01 »	+8 +4	1,007 1,006
<i>Gehopfte Doppelbierwürze</i> aus d. Br. bei «Rahbecks Allé», Kopenh.	1,0708 1,0369	16,82 » 9,02 »	16,68 » 8,94 »	+14 +8	1,008 1,009
<i>Gehopfte Würze für „Hvidtöl no. 1“</i> aus d. Br. bei «Rahbecks Allé», Kph.	1,0307 1,0147	7,50 » 3,65 »	7,47 » 3,64 »	+3 +1	1,003 1,002
<i>Gehopfte Würze für Braunbier</i> aus einer Münchener-Brauerei.	1,0592 1,0289	14,16 » 7,08 »	14,08 » 7,05 »	+8 +3	1,006 1,005
<i>Gekochte ungehopfte Vorderwürze</i> aus «Christiania Aktienbrauerei» 1895.	1,0645 1,0314	15,28 » 7,64 »	15,27 » 7,64 »	+1 0	
<i>Gekochte Infusionswürze</i> aus Prosnitzermalze.	1,0515	12,32 »	12,32 »	0	
<i>Gekochte Infusionswürze</i> aus ungarischem Malze.	1,0518	12,35 »	12,39 »	÷4	0,997
III. Halbvergohrene Biere.					
<i>Extrakt aus „Potöl“</i> aus «Chr. Aktienbrauerei», Norwegen.	1,0441 1,0300 1,0144	10,56 » 7,28 » 3,54 »	10,62 » 7,31 » 3,56 »	—6 —3 —2	0,994 0,994 0,994
<i>Extrakt aus „Husholdningsöl“</i> aus «Schous Brauerei», Norwegen	1,0465 1,0310 1,0176	11,14 » 7,51 » 4,31 »	11,17 » 7,55 » 4,34 »	—3 —4 —3	0,997 0,994 0,994
<i>Extrakt aus „Hvidtöl no. 1“</i> aus «d. Br. bei Rahbecks Allé», Kph.	1,0445	10,80 »	10,71 »	+9	1,009
<i>Extrakt aus „Dobbelöl“</i> aus «d. Br. bei Rahbecks Allé», Kph.	1,0658 1,0335	15,73 » 8,22 »	15,56 » 8,14 »	+17 +8	1,011 1,010
IV. Ausgegohrene Biere.					
<i>Extrakt aus „Bayerischem Biere“</i> aus «Christiania Aktienbrauerei» 1893.	1,0636 1,0500 1,0329 1,0162	14,93 » 11,86 » 7,91 » 3,96 »	15,07 » 11,98 » 8,00 » 4,00 »	—14 —12 —9 —4	0,991 0,990 0,990 0,990

Art und Ursprung der Lösung	Sp. Gew. 15°/15°	Extrakt direkt gefunden	Extrakt nach der U.-Tabelle	Diffe- renz	Quotient
<i>Extrakt aus Exportbier</i>	1,0243	5,91 ⁰ / ₁₀	5,95 ⁰ / ₁₀	—4	0,993
aus «Christiania Aktienbrauerei» 1893.	1,0131	3,50 »	3,23 »	—4	0,989
<i>Extrakt aus Bockbier</i>	1,0364	8,75 »	8,82 »	—7	0,992
aus «Christiania Aktienbrauerei» 1893.	1,0221	5,38 »	5,42 »	—4	0,993
	1,0103	2,53 »	2,50 »	—3	0,990
<i>Extrakt aus bayerischem Biere</i>	1,0396	14,03 »	14,17 »	÷ 14	0,990
aus «Christiania Aktienbrauerei» 1894.	1,0400	9,57 »	9,67 »	—10	0,990
	1,0298	7,18 »	7,20 »	—8	0,990
<i>Extrakt aus bayerischem Biere</i>	1,0455	10,84 »	10,94 »	—10	0,991
aus «Christiania Aktienbrauerei» 1895.					
<i>Extrakt aus bayerischem Biere</i>	1,0426	10,18 »	10,27 »	—9	0,991
aus «Christiania Aktienbrauerei» 1896.					
<i>Extrakt aus Pilsenerbier</i>	1,0269	6,51 »	6,57 »	—6	0,990
aus «Ringnæs Brauerei», Norwegen.	1,0126	3,08 »	3,12 »	—4	0,990
<i>Extrakt aus bayerischem Biere</i>	1,0329	7,93 »	8,00 »	—7	0,990
aus «Ringnæs Brauerei».	1,0165	4,04 »	4,07 »	—3	0,990
<i>Extrakt aus bayerischem Biere</i>	1,0258	6,27 »	6,31 »	—4	0,992
aus «Christiania Brauerei», Norwegen.	1,0138	3,30 »	3,41 »	—2	0,992
<i>Extrakt aus Bockbier</i>	1,0688	10,13 »	10,23 »	—10	0,993
aus «Frydenlund Brauerei», Norwegen.					
<i>Extrakt aus bayerischem Biere</i>	1,0459	10,99 »	11,04 »	—5	0,995
aus «Vestfold Brauerei», Norwegen.					
<i>Extrakt aus bayerischem Biere</i>	1,0541	12,82 »	12,92 »	—10	0,992
aus «Christiansand Brauerei», Norwegen.					
<i>Extrakt aus bayerischem Biere</i>	1,0461	11,00 »	11,08 »	—8	0,995
aus «Thronhjelm Brauerei», Norwegen.					
<i>Extrakt aus bayerischem Biere</i>	1,0436	10,42 »	10,50 »	—8	0,992
aus «Hansa Brauerei», Norwegen.					
<i>Extrakt aus „Lagerbier“</i>	1,0449	10,80 »	10,81 »	—1	0,999
aus Br. «Alt Carlsberg», Kopenhagen.	1,0234	5,73 »	5,74 »	—1	0,999
<i>Extrakt aus „Lagerbier“</i>	1,0423	10,21 »	10,20 »	+ 1	1,001
aus «d. Br. bei «Rahbeks Allé», Kph.	1,0204	5,01 »	5,01 »	0	1,000
<i>Extrakt aus „Exportbier“</i>	1,0572	13,61 »	13,62 »	—1	0,999
aus d. Staatsbrauerei bei Weihenstephan.	1,0269	6,55 »	6,57 »	—2	0,998

Art und Ursprung der Lösung	Sp. Gew. 15 ⁰ / 15 ⁰	Extrakt direkt gefunden	Extrakt nach der U.-Tabelle	Diffe- renz	Quotient
<i>Extrakt aus „Münchenerbier“</i>	1,0477	11,44 ‰	11,45 ‰	—1	0,999
aus einer Münchenerbrauerei.	1,0244	5,98 ‰	5,98 ‰	0	1,000
<i>Extrakt aus „Leistbräu“,</i>	1,0415	9,98 ‰	10,02 ‰	—4	0,996
München.	1,0204	4,99 ‰	5,01 ‰	—2	0,996
<i>Extrakt aus „Eberlbräu“,</i>	1,0545	13,02 ‰	13,01 ‰	+1	1,001
München.	1,0266	6,51 ‰	6,50 ‰	+1	1,001
<i>Extrakt aus „Spätenbräu“,</i>	1,0514	12,31 ‰	12,30 ‰	+1	1,001
München.	1,0252	6,16 ‰	6,17 ‰	—1	0,998

Die Angaben der U.-Tabelle im Vergleich mit der Ballingschen und Schultze-Ostermannschen Tabelle.

Die eben genannte U.-Tabelle stellt sich also als die für alle hier in Frage kommenden Lösungen allgemein brauchbare dar, und ist daher in erster Linie für praktische Zwecke bestimmt.

Es ist daher von Bedeutung zu wissen, in welchem Verhältniss diese Tabelle zu der früher benutzten Ballingschen und Schultze-Ostermannschen steht, und auf welche Weise man die Angaben der U.-Tabelle in Ballingsche und Schultzesche Extraktprocente, wie auch umgekehrt, die Angaben der früher benutzten Tabellen in diejenigen der neuen Tabelle übertragen kann.

Wie früher in der Einleitung dieser Arbeit berührt, folgt die Schultze-Ostermannsche Tabelle fast genau dem Gesetz der Verdünnung, und es ist daher nur ein einziger Quotient nöthig, um die genannte Ueberführung zu ermöglichen; bei der Ballingschen Tabelle ist aber je nach der Stärke der Lösung ein etwas veränderter Quotient zu benutzen.

Diese Verhältnisse sind aus folgender Zusammenstellung deutlich ersichtlich:

Sp. Gew. 15 ⁰ / 15 ⁰	Sp. Gew. 17,5 ⁰ / 17,5 ⁰	Extrakt nach U.-Tabelle (R)	Extrakt nach Schultze-O. (S)	Quotient S : R	Extrakt nach Ballig (B)	Quotient B : R
1,02000	1,01994	4,918 ‰	5,186 ‰	1,0545	4,985 ‰	1,0136
1,04000	1,03988	9,668 ‰	10,199 ‰	1,0549	9,872 ‰	1,0211
1,06000	1,05982	14,262 ‰	15,048 ‰	1,0551	14,624 ‰	1,0254

Die Schultze-Ostermannsche Tabelle gibt also den Extraktgehalt um fast 5,5 % der Trockensubstanz zu hoch an. Die Angaben dieser Tabelle sind also mit 0,9481 zu multipliciren, um sie in Extraktgehalte nach der U.-Tabelle zu übertragen.

Bezeichnet man mit R den Extraktgehalt nach der U.-Tabelle, mit S denjenigen nach der Schultze-Ostermannschen Tabelle, so hat man also:

$$S \cdot 0,9481 = R. \quad R \cdot 1,0548 = S.$$

Bei der Ballingschen Tabelle ist dagegen je nach dem Extraktgehalt der Lösung ein verschiedener Faktor zu benutzen, man findet z. B.:

$$\begin{array}{lll} \text{bei ca. } 5\% \text{ B}_5. & 0,9865 = R_5 & R_5 \cdot 1,0136 = B_5 \\ \text{„ „ } 10\% \text{ B}_{10}. & 0,9793 = R_{10} & R_{10} \cdot 1,0211 = B_{10} \\ \text{„ „ } 15\% \text{ B}_{15}. & 0,9752 = R_{15} & R_{15} \cdot 1,0254 = B_{15}. \end{array}$$

Da dieses Verhältniss schwer in einer einzigen Gleichung ausgedrückt werden kann, ist es zu praktischen Zwecken zu empfehlen, eine Tabelle auszurechnen, um das Uebertragen zu erleichtern.

Es geht aus dem vorher Entwickelten hervor, dass man je nach der Genauigkeit, welche bei einer Extraktbestimmung erforderlich ist, verschiedene Verfahren benutzen kann.

Begnügt man sich mit Angaben, deren grösste Abweichung von dem wahren Gehalt bei einer 10-procentigen Lösung 0,1 %, also 1 % der Trockensubstanz beträgt, so kann man den Extraktgehalt mittelst des specifischen Gewichtes der Lösung in der eben beschriebenen U.-Tabelle aufsuchen.

Ist dagegen nur eine Abweichung von 0,02 % zulässig, so kann man den Extraktgehalt durch 1½-stündiges Trocknen bei 100° C. in dem Cirkulationstrockenapparate feststellen.

Ist endlich möglichst grosse Genauigkeit wünschenswerth, so gibt das direkte Trocknen 2 Tage bei 80° C. mittelst des eben genannten Apparates den Extraktgehalt mit einer Abweichung von höchstens 0,005 %.

Die Anwendung der Cirkulationstrocken-Methode auf andere Substanzen, welche im Zusammenhang mit dieser Arbeit von Interesse sind.

Die Anwendung des in dem vorhergehenden beschriebenen Trocknens von Extrakten in dem Cirkulationsapparate ist natürlich nicht nur auf die Würzen und Bierextrakte beschränkt; die Methode lässt sich vielmehr mit Erfolg auf das Trocknen einer grosser Menge Substanzen, welche sonst schwer zu trocknen sind, anwenden.

Wenn man sich erinnert, dass der benutzte Apparat die Anwendung jeder beliebigen Temperatur von der Zimmertemperatur bis ein Paar hundert Grade ermöglicht, und sonst alle Bedingungen besitzt, um ein forciertes Trocknen zu bewerkstelligen, und die grosse Genauigkeit, mit welcher die Wägungen ausgeführt werden können, so wird man zugeben, dass die Benutzung dieses Verfahrens nicht nur das einfache Trocknen stark hydropischer und leicht destruirbarer organischer Substanzen ermöglicht, sondern auch zu qualitativen und quantitativen Untersuchungen verschiedener interessanter Processe in der organischen Chemie geeignet ist.

Ich meine hier speciell die in der Chemie und Physiologie so wichtigen hydratischen Processe, bei welchen bei der Bildung neuer Stoffe Wasser chemisch aufgenommen wird, wodurch die Extraktmenge vermehrt wird; die neue Trockenmethode überhebt uns wegen der Vollständigkeit des Trocknens und ihrer grossen Genauigkeit eines direkten Studiums dieser Processe, während man früher darauf angewiesen war, nur mittelst indirekter Reaktionen den Verlauf dieser Processe zu verfolgen.

Wenn man z. B. den diastatischen Umwandlungsprocess der Stärke betrachtet, so war man früher fast ausschliesslich auf die Kupferreduktion angewiesen, um die Zuckerbildung zu verfolgen; es ist aber aus den neueren Untersuchungen über die Reduktionsfähigkeit der Dextrine und Zuckerarten bekannt, dass gegen die Benutzung dieser Methode zu diesem Zwecke starke Einwände erhoben werden können.

In diesem Falle würde die exakte Trockenmethode einen werthvollen Beitrag zu der Erklärung des Processes geben, indem man durch direktes Trocknen feststellen kann, wie je nach dem Verlauf des Processes der Extraktgehalt der Lösung sich vermehrt, indem immer mehr Wasser chemisch aufgenommen wird.

Ich habe schon mehrere solche Versuche mit durch Diastase verzuckerter Stärke ausgeführt; da diese aber nicht abgeschlossen sind,

wünsche ich diese nicht hier mitzuteilen; ich hoffe aber später dazu Gelegenheit zu finden, die Versuche zu vollführen und zu veröffentlichen.

Wie in dem genannten Fall, wird man durch zweckmässige Aenderungen in der Ausführung der Versuche mit Erfolg die Trockenmethode auch auf die meisten übrigen Prozesse anwenden, welche durch Einwirkung der Enzyme und verdünnter Säuren auf die Kohlenhydrate hervorgerufen werden, nur muss man vorher sorgfältig die Einwirkung der benutzten Trocknungsbedingung auf jede einzelne bei dem Prozesse entstehende Substanz untersuchen, bevor man die Untersuchung des Prozesses durch das Trocknen vornimmt.

Es würde zu weit führen, näher auf solche Versuche einzugehen, nur muss ich hier mitteilen, dass ich untersucht habe, ob die Maltose durch diejenigen Trocknungsbedingungen, welche bei dem Trocknen der Würzen und Bierextrakte benutzt werden, ihr Hydratwasser verliert oder nicht. Da über diese Frage eine höchst verschiedene Ansicht herrscht, und die Maltose eine der am meisten hydropischen Bestandteile der Würze ist so hat die Lösung dieser Frage für die Beurteilung der Vollkommenheit des Trocknens des Würzeextraktes ihre Bedeutung.

Es wurde also so verfahren, dass man mit einem mit grosser Sorgfalt dargestellten Maltosepräparate einerseits einen Trockenversuch ausführte, während andererseits durch eine Elementaranalyse des Präparates die chemische Formel der im Apparate getrockneten Substanz berechnet wurde.

Das benutzte Maltosepräparat wurde zuerst durch Auflösen in 95 % Alkohol gereinigt, dann umkristallisiert und weiter nach Trocknen im Exsiccator 4 Stunden bei 100° C. im Vacuum getrocknet.

Von dem auf solche Weise gereinigten Präparate wurde eine gewogene Portion in einer gewogenen Menge Wasser aufgelöst; die benutzte Lösung enthielt 9,0535 % des Maltosepräparates.

Mit dieser Lösung wurde ein Trockenversuch in dem Cirkulations-trockenapparate bei 80° C. in 4 Tagen ausgeführt; er gab:

nach 2 Tagen bei 80° 8,646 %

„ 4 — „ — 8,647 %

Das Präparat enthält also nach diesem Versuche

4,528 % Wasser.

Es wurden nun weiter drei Elementarversuche mit demselben Präparate ausgeführt. Sie gaben nach der Verbrennung:

	I	II	III	Mittel
Wasser	58,6 %	59,4 %	59,4 %	59,1
Kohlensäure	147,7 „	147,7 „	147,2 „	147,6

Da das Präparat, wie bemerkt, 4,53 % Wasser enthält, welches natürlich in der bei den Elementaranalysen gefundenen Wassermenge enthalten ist, so stammt nur $59,1 \div 4,5 = 54,6\%$ Wasser von der Verbrennung des Wasserstoffs.

Das wasserhaltige Präparat enthält also:

54,6 % Wasser, von der Verbrennung des Wasserstoffs stammend,
147,6 % Kohlensäure, von der Verbrennung des Kohlenstoffs stammend.

Werden diese Zahlen auf die wasserfreie Substanz berechnet, so erhält man

$$\begin{array}{l} 57,2 \% \text{ H}_2\text{O} \\ 154,6 \% \text{ CO}_2. \end{array}$$

Hieraus berechnet man die Zusammensetzung der Trockensubstanz:

$$\begin{array}{ll} \text{H } 6,37 \% & \text{H } 6,45 \% \\ \text{C } 42,16 \% & \text{C } 42,10 \% \\ (\text{O } 51,47) & (\text{O } 51,45) \end{array} \quad \text{C}_{12} \text{H}_{22} \text{O}_{11} \text{ fordert}$$

Wie aus dieser Zusammenstellung hervorgeht, stimmen die zwei Zahlenreihen genügend überein; wollte man übrigens nur auf die Elementaranalysen II und III Rücksicht nehmen, welche unter einander sehr gut übereinstimmen und daher höchst wahrscheinlich näher dem wahren Gehalt liegen, als Versuch I, so würde die Uebereinstimmung der Angaben der Elementaranalyse mit den theoretisch berechneten Gehalten eine noch grössere werden.

Aus diesen Resultaten geht hervor, dass die Maltose, 2 Stunden bei 80° C. in dem Cirkulationsapparate getrocknet, ihr Hydratwasser vollkommen verliert und dass die chemische Formel $\text{C}_{12} \text{H}_{22} \text{O}_{11}$ ihr zukommt.

Da wir weiter gesehen haben, dass Würze und Bierextrakt dasselbe Resultat beim Trocknen geben, sei es dass man bei 80° C. im Vacuum trocknet, oder in gewöhnlicher Temperatur und unter gewöhnlichem Atmosphärendrucke, und da die Maltose ein bedeutender Bestandteil des Würzeextraktes ist, so muss aus dem oben beschriebenen Versuche hervorgehen, dass eine Maltoselösung, in gewöhnlicher Temperatur und unter gewöhnlichem Drucke in getrockneter Luft bei konstantem Gewichte getrocknet, wasserfreie Maltose als Rückstand zurücklässt.

Ich habe weiter neben dem Verhalten der Würzen und Bierextrakte bei der Verdünnung mit Wasser auch dasselbe für einige Kohlenhydrate untersucht, und auch hier gefunden, dass sie ganz demselben Gesetz bei der Verdünnung folgen, d. h. untersucht man die wässrigen Lösungen zweier verschiedener Kohlenhydrate, so wird man finden, dass der Quotient zwischen den Trockensubstanzgehalten der Lösungen von demselben

spezifischen Gewichte konstant ist, bei welcher Stärke der Lösung man auch diesen Quotienten feststellt. Man kann also einfach durch Einführen eines spezifischen Tabellquotienten in die Normalgleichung (S. 43) eine Tabelle für jedes der untersuchten Kohlenhydrate finden.

Ohne weiter auf diese Sache einzugehen, kann angeführt werden, dass ich durch vorläufige Versuche folgende spezifische Tabellquotienten gefunden habe:

«Lösliche Stärke»	0,9937
Maltose (ohne Hydratwasser)	1,0139
Rohrzucker (» —)	1,0293
Dextrose (» —)	1,0324.

Wenn man von dem oben genannten Gesetz der Verdünnung ausgeht, so kann man in der That eine neue Methode zur Bestimmung der Gewichtsmengen zweier Kohlenhydrate mit verschiedenen spezifischen Tabellquotienten in einer wässrigen Lösung finden, indem man den Trockengehalt und das spec. Gewicht einer Lösung der zwei Substanzen benutzt.

Auch wenn man drei Kohlenhydrate in der Lösung zu bestimmen hat, kann man, wenn man die spezifischen Tabellquotiente der einzelnen Bestandteile vorher kennt, leicht auf eine ähnliche Weise die Gewichtsmengen jedes Kohlenhydrats bestimmen, wenn man neben dem Trockengehalt und spezifischen Gewicht auch eine andere Eigenschaft der Lösung, wie z. B. Kupferreduktion, bestimmt.

Wenn man sich erinnert, wie complicirt oft die Lösungen von Kohlenhydraten sind, z. B. die bei der Einwirkung der Diastase auf Stärke gebildeten Produkte, und wie schwer es ist, die Mengen der neuen Bestandteile unter einander festzustellen, wird man einsehen, dass eine neue Methode, welche zwei Faktoren zur Lösung der Frage nach der Bestimmung der Gewichtsmengen der einzelnen Bestandteile bringt, von grosser Bedeutung werden kann.

Da es bei einzelnen Versuchen in der Zymotechnik von Interesse ist zu wissen, welches Verhältnis zwischen dem Trockengehalt und spezifischen Gewichte bei wässrigen Malzauszügen herrscht, habe ich auch für solche kalte Auszüge den Tabellquotient und dadurch die Tabelle bestimmt.

Der Trockengehalt wurde wie gewöhnlich in 2 Tagen bei 80° C. in dem Cirkulationsapparate festgestellt; die Lösung war aber bedeutend mehr dekomposibel, als die Würzen, so dass die gefundenen Werthe nur als annähernd zu betrachten sind. Die Trockenversuche mit diesen Auszügen gaben auch das bekannte «Röstaroma» in hohem Grade, während die Umwandlungsprodukte der Stärke bei der Einwirkung der Diastase

keine Dekomposition und kein Aroma, auch kein Brauwerden bei 80° C. in 2 Tagen gaben.

Der Auszug I wurde auf die Weise bereitet, dass 30 Gramm bei 30° C. getrocknetes Malz neben 15 Gramm bayerisches Darmmalz fein gemahlen und in 200 Ccm. destillirtes Wasser 1 Tag in einem Eiskasten ausgezogen wurden. Nach dieser Zeit wurde die Lösung klar filtrirt.

Der Auszug gab:

Sp. Gw. 15°/15°	Extrakt direkt gefunden	Extrakt nach der U.-Tabelle	Quotient
1,01842	4,390 %	4,535 %	0,9680
1,00914	2,193 »	2,269 »	0,9666

Der Auszug II wurde auf ähnliche Weise aus 45 Gr. Luftmalz und 15 Gr. Darmmalz in 200 Ccm. Wasser dargestellt, er gab:

Sp. Gw. 15°/15°	Extrakt direkt gefunden	Extrakt nach der U.-Tabelle	Quotient
1,01433	3,396 %	3,542 %	0,9588

Resumé und Schluss.

In der Einleitung wird zuerst die Geschichte des Extrakt Trocknens kurz berührt, und bemerkt, dass die früheren Resultate nicht übereinstimmend sind, indem die Trockengehalte je nach den Trocknungsbedingungen sich zu ändern scheinen. Der Verfasser hat in einer früheren Arbeit nachgewiesen, dass diese Abweichungen der früheren Resultate beseitigt werden können, und dass man bei einem rationellen Trocknen immer dasselbe Resultat erhält, welche Trocknungsbedingungen man auch benutzt, wenn man nur nicht den Extrakt destruiert.

Ferner werden die am meisten gebrauchten Extrakttabellen, nämlich die «Balling»sche und «Schultze-Ostermann»sche kritisirt, und durch ausgeführte Versuche gezeigt, dass keine derselben die Bedingungen erfüllt, welche man zur Zeit berechtigt ist, an eine solche Tabelle zu stellen.

Der Zweck dieser Arbeit war somit, zuerst einen Trocknungsapparat zu konstruiren, welcher für das hier in Frage kommende Trocknen am geeignetsten ist. Ferner hat diese Arbeit die Aufgabe gehabt zu untersuchen, in welchem Verhältnisse die Trockengehalte der verschiedenen Lösungen von Würzen und Bierextrakten zu dem specifischen Gewichte stehen, und ob es möglich ist, eine Tabelle zwischen dem Extraktgehalt und dem specifischen Gewichte aufzustellen, welche mit einer für die Praxis genügenden Genauigkeit den Extraktgehalt mittelst des specifischen Gewichtes für alle Arten von Würzen und Bierextrakten angiebt.

Um diese Aufgaben der vorliegenden Arbeit zu lösen, ist ein neuer sehr effektiver Trockenapparat konstruirt, welcher die Trockenbestimmungen mit der erforderlichen Vollkommenheit und Genauigkeit ermöglicht.

Auch ist in derselben Absicht die exakte Ausführung der specifischen Gewichtsbestimmungen und der Gewichtsverdünnung von Lösungen näher untersucht.

Die ausgeführten specifischen Gewichtsbestimmungen und Verdünnungen haben gezeigt, dass alle hier in Frage kommenden Lösungen demselben Verdünnungsgesetz folgen, so dass man eine allgemeine Gleichung aufstellen kann, aus welcher durch die Einführung einer Konstanten die Tabelle für jede beliebige Lösung aufgestellt werden kann.

Die Versuche mit dem genannten Trockenapparate haben weiter bewiesen, dass die verschiedenen Würzen und Bierextrakte je nach ihrer chemischen Zusammensetzung ein verschiedenes Verhältnis zwischen dem Extraktgehalt und dem specifischen Gewichte zeigen, so dass man, um eine genaue Extraktbestimmung mittelst des specifischen Gewichtes zu erhalten, mehrere Specialtabellen für die verschiedenen Gruppen der untersuchten Lösungen aufstellen muss.

Die genannte Abweichung ist aber so klein, dass man für praktische Zwecke eine allgemeine, für alle betreffenden Lösungen geltende Universal-tabelle aufstellen kann, welche die Extraktgehalte mit einer für den Zweck vollkommen genügenden Genauigkeit angiebt.

en ul

re.

Specificisches Gewicht in 100 Gr. Lösung.	Gram Extrakt in 100 Cem. Lösung.
1.52	12.07
1.54	12.10
1.57	12.12
1.59	12.13
1.61	12.18
1.64	12.20
1.66	12.23
1.68	12.25
1.70	12.28
1.73	12.30
1.75	12.33
1.77	12.35
1.80	12.38
1.82	12.40
1.84	12.43
1.87	12.45
1.89	12.48
1.91	12.50
1.94	12.53
1.96	12.55
1.98	12.58
1.90	12.61
1.93	12.63
1.95	12.66
1.97	12.68
1.90	12.71
1.92	12.73
1.94	12.76
1.96	12.78
1.99	12.81
1.91	12.84
1.93	12.86
1.96	12.89
1.98	12.91
1.90	12.94
1.92	12.96
1.95	12.99
1.97	13.01
1.99	13.04
1.92	13.07
1.94	13.09
1.96	13.11
1.98	13.14
1.99	13.16
1.99	13.19
1.99	13.21
1.99	13.24
1.99	13.26
1.99	13.29
1.99	13.31
1.99	13.34
1.99	13.37
1.99	13.39
1.99	13.42
1.99	13.44
1.99	13.47
1.99	13.49
1.99	13.52
1.99	13.54
1.99	13.57

zum praktischen Gebrauche.

Das Ganggefolge des Laurdalits.

Die Eruptivgesteine des Kristianiagebietes

III. Das Gangfolge des Laurdalits

Von

Dr. W. C. Brögger

Ord. Professor der Min. u. Geol. an der Universität Kristiania

Mit einer Karte, 4 Tafeln u. 5 Figuren im Text

Videnskabselskabets Skrifter. I. Mathematisk-naturv. Klasse. 1897. No. 6

LIBRARY
NEW YORK
BOTANICAL
GARDEN

Udgivet for Fridtjof Nansens Fond

Kristiania

In Kommission bei Jacob Dybwad

A. W. Bröggers Buchdruckerei

1898

Vorgelegt in der Sitzung der Gesellschaft vom 3. Mai 1897.

Sir Archibald Geikie

in Verehrung und Freundschaft gewidmet.

Vorwort.

Die vorliegende Abhandlung hat einen bedeutend grösseren Umfang erhalten, als vom Anfang beabsichtigt war; verschiedene Verhältnisse haben auch die endliche Publication derselben ziemlich verzögert, indem das Manuscript schon vor einem Jahr der Gesellschaft der Wissenschaften in Kristiania vorgelegt wurde; einige Zusätze sind deshalb während des Druckens beigelegt worden.

Die neuen Analysen der Arbeit sind grösstentheils von den Herren *V. Schmelck*, *L. Schmelck*, *O. Heidenreich* und *P. Schei* ausgeführt; sie sind durchgehends mehrmals controllirt worden.

Die Ausführung derselben ist zum grössten Theil durch die liberalen jährlichen Bewilligungen der norwegischen Nationalversammlung, des *Storthings*, zu Analysen der Eruptivgesteine des Kristianiagebietes bestritten; ich spreche hiermit meinen tiefsten Dank aus, sowohl für diese Bewilligung als für die jährlich fortgesetzte persönliche Bewilligung zu geologischen Reisen im Kristianiagebiet, welche mir es möglich machte, dieser geologisch so interessanten Gegend ein stetig fortgesetztes eingehendes Studium zu opfern.

Ich bin ferner auch der Direction der norwegischen Abtheilung des Letterstedt'schen Vereins, namentlich Herrn Professor Dr. *C. M. Guldberg* für eine Bewilligung zu einem Theil der in dieser Abhandlung vorgelegten Analysen zum Dank verpflichtet.

Auch dem Director der geographischen Landesaufnahme, Herrn Oberst *I. F. W. Haffner* spreche ich hiermit meinen besten Dank aus, für die Herstellung der topographischen Grundlage der mitfolgenden geologischen Karte.

Da ich beabsichtige in einer besonderen Abhandlung über die Haupttypen der Gesteine des Kristianiagebietes die wichtigsten Structurtypen gemeinschaftlich im Bild darzustellen, wurde hier von einer reichlicheren Ausstattung der vorliegenden Abhandlung mit Figuren abgestanden.

Kristiania im März 1898.

W. C. Brögger.

Inhalt.

	Seite
Einleitung	1
Die Laurdalite	7
Die Mineralien der Laurdalite	7
Die Structur der Laurdalite	15
Olivinlaurdalit	16
<i>Die chemische Zusammensetzung der Laurdalite</i>	18
Analysen von Laurdaliten	19
Vergleich mit anderen Nephelinsyeniten	27
Normale Nephelinsyenite	28
Abweichende Typen von Nephelinsyeniten	28
Verhältniss des Laurdalits zu Glimmersyeniten und Pulaskiten	31
<i>Die geologische Selbständigkeit des Laurdalits</i>	34
Laurdalite, Glimmersyenite, Pulaskite als Differentiationsproducte von Laurvikit- magma	36
Beziehung des Aufpressens zu Einsenkungen	40
Die Gangbegleiter des Laurdalits	43
Camptonite und Proterobase	48
Camptonit Kjøse-Åklungen	48
Analyse desselben und Berechnung der Analyse	51
Vergleich mit anderen Camptonitvorkommen	54
Übergänge zwischen Camptonit und Proterobas	55
Camptonite als Begleiter von Essexiten	57
Analysen der Camptonite von Gran	60
Monchiquite	62
Farrisit	64
Analyse von Farrisit	65
Kersantite	71
<i>Bronzit-Kersantit von Hovland</i>	71
Mineralienzusammensetzung	71
Analyse des Kersantits von Hovland	75
Vergleich mit anderen Ganggesteinen	79
Vergleich mit Essexit, Tofteholmen (Analyse)	83
<i>Hornblende-Kersantit von Malmö bei Laurvik</i>	84
Vogesite	88
<i>Augitvogesit von der Bahnlinie Kjøse-Åklungen</i>	88

	Seite
Heumite	90
<i>Heumit von Heum</i>	90
<i>Analyse des Heumits von Heum</i>	91
Analyse der Hornblende des Heumits von Heum	92
Vergleich mit der Analyse des Hornblendits, Brandberget	93
Berechnung der Analyse des Heumits, Heum	94
Analyse des Feldspaths aus Heumit, Heum	96
Vergleich mit Monchiquit	99
<i>Heumit von Brathagen</i>	104
Analyse des Heumits von Brathagen (Gangmitte)	106
Berechnung der Analyse	107
Vergleich mit anderen Ganggesteinen	112
<i>Ganggrenze des Heumits von Brathagen</i>	113
Analyse der Ganggrenze	116
Berechnung der Analyse	117
<i>Verhältniss zwischen Gangmitte und Ganggrenze des Heumitganges von Brathagen. Entstehung der letzteren.</i>	120
Natronminetten	126
<i>Natronminette von Brathagen</i>	126
Analyse der Natronminette von Brathagen	130
Berechnung der Analyse	130
<i>Natronminette von Hagtvedt in Hedrum</i>	133
<i>Natronminetten von Håö und von Hedrum</i>	137
Analyse der Natronminette von Håö	139
Berechnung der Analyse	140
Vergleich der Natronminetten mit Kaliminetten	143
Ganggesteine der Grorudit-Tingait-Serie	145
Nephelinrhombenporphyre	150
Analyse von Nephelinrhombenporphyr	150
Berechnung der Analyse	151
Nephelinporphyre	155
Analyse von Nephelinporphyr	158
Berechnung der Analyse	158
Ditroite und Foyaite	162
Definition der Typen Ditroit und Foyait	165
Ditroit Bratholmen	166
Analyse desselben	167
Foyaite; Mineralienzusammensetzung	168
Structur und Eintheilung der Foyaite	173
Chemische Zusammensetzung der Foyaite; Analysen	176
Berechnung der Analyse des Foyaits, Brathagen	177
Berechnung der Analyse des Foyaits, Heum	180
Hedrumite	183
Chemische Zusammensetzung der Hedrumite	189
Analysen von Hedrumiten	190
Berechnung der Analyse des Hedrumits, Skirstad-See	190
Berechnung der Analyse des Hedrumits, Sundet	192

	Seite
Berechnung der Analyse des Hedrumits, Ostö	195
Vergleich zwischen Hedrumiten und Pulaskiten	197
Analysen von Hedrumiten und Pulaskiten	198
Bostonite	201
Analyse des Bostonits von Tutvet, Hedrum	203
Berechnung der Analyse	203
Lindöite	205
Mænaite	206
Oligoklasporphyr	206
Syenitaplite; Lestiwarite	209
Definition der Aplite	212
<i>Lestiwarit N. von Kvelle Kirche</i>	213
Analyse desselben und Berechnung der Analyse	216
<i>Lestiwarite N. von Flatö, Farrissee</i>	218
<i>Lestiwarit Strandsåsen, Farris</i>	220
<i>Lestiwarit Sletsjö; Lestiwarit O.-Seite des Farris</i>	221
<i>Lestiwarit. S. von Heum</i>	222
<i>Lestiwarit, N. von Gjona</i>	224
Die allgemeinen genetischen Beziehungen zwischen dem Laurdalit und seinem Ganggefolge	227
Assimilationshypothesen	229
Stöchiometrische Berechnung des Laurdalits	232
Die Rolle der Foyaite	233
Tabelle zum Vergleich des Laurdalits mit der Durchschnittszusammensetzung seiner Ganggefolgschaft	235
Verschiedene complementäre Ganggruppen des Laurdalits	238
<i>Gänge von Brathagen</i>	241
<i>Gänge von Heum</i>	242
<i>Gänge in der Nähe von Asbjørnsrød, Hedrum etc.</i>	244
Näherer Vergleich der chemischen Zusammensetzung des Laurdalits und seiner Ganggefolgschaft	248
Tabelle	248a
Verhältniss des $K_2O : Na_2O$	249
Verhältniss von $Na_2O + K_2O : Al_2O_3$	252
Verhältniss von $CaO : (Mg, Fe, Mn)O : Fe_2O_3 : Al_2O_3 : (Na_2O + K_2O) : SiO_2$	253
Graphische Darstellung der chemischen Zusammensetzung des Laurdalits und seiner Ganggefolgschaft	255
Gliederung der Ganggefolgschaft des Laurdalits	258
Tabelle über die Mineralienzusammensetzung des Laurdalits und seiner Ganggefolgschaft	261a
Erste Hauptgruppe: Melanokrate Gesteine	262
Zweite Hauptgruppe: Leukokrate Gesteine	263
Gliederung der melanokraten Ganggesteine	265
Gliederung der leukokraten Ganggesteine	266
Gänge deren Mischungen sich als Subtractionsreste oder Additionsproducte des Laurdalitmagmas verhalten	268
Natronminette Brathagen	269

	Seite
Natronminette Häö	270
Nephelinrhombenporphyr Vasvik	271
Nephelinporphyr	273
Erklärung der Entstehung der complementären Gangmagmen aus dem	
Hauptmagma durch die Diffusionshypothese	276
Drei Hauptreihen	279
Vergleich zwischen Laurdalit und Lestiwarit	281
Vergleich zwischen Laurdalit und Natronminette	282
Complementäre Gänge von Hedrum	289
Schema der Differentiation derselben	290
Complementäre Gänge von Heum	292
Schema der Differentiation derselben	299
Die Kernhypothese von Rosenbusch	302
Der Kern RAlSi_2	306
Urtit.	307
Bedeutung der Serien	311
Die Natrongranit-Urtit-Serie	312
Alkalifeldspathgesteine. Umptekite	316
Lestiwarit	317
Der Kern CaAl_2Si_4	320
Die Bindung des Al in Eruptivmagmen	321
Die Anorthosite.	324
Serie der leukokraten Feldspathgesteine	329
Tönsbergite (Analyse)	329
Zusammenfassung	332
Schlussbetrachtungen über die verschiedenen Deutungen der Differen-	
tiationserscheinungen der Eruptivmagmen	334
Die Differentiation eine Function der Abkühlung	336
<i>Becker's</i> Kritik der Differentiationshypthesen	336
<i>Michel-Lévy's</i> Differentiationshypothese	341
Basische Grenzzonen	344
Die Eruptionsfolge.	345
<i>Johnston-Lavis's</i> osmotische Hypothese	347
Die Liquationshypothese	351
Die Differentiation eine Concentration längs der Abkühlungsfläche	354
<i>Harker's</i> Erklärung der Differentiation	355
<i>Becker's</i> Erklärung der Differentiation	357
<i>Kr. Birkeland's</i> Hypothese von elektrischen Kräften	358
Extreme Mischungen Specialfälle	361
Analogien in der Eruptionsfolge.	363
Schluss	364
Zusatz zum Farrisit	366
Bemerkungen zu der geologischen Karte	373
Analysentabellen	375

Das Ganggefolge des Laurdalits.

Von

Professor Dr. W. C. Brögger.

Zwischen den Einschnitten des *Lougenthales* und des schönen Sees *Farris* erhebt sich in den Kirchspielen Hedrum und Kvelle ein niedriges von Wald und Moor bedecktes Gebirge mit eigenthümlich kuppenförmigen Gipfeln; die Gletscher der Eiszeit haben ihre Oberfläche abgerundet und geglättet und die Decke von Erde und Schutt weggeführt; nur ganz vereinzelt liegt mitten im dichten Walde eine Sennhütte mit grünen Wiesen für das Hornvieh. Es ist das waldige Gebirge des *Laurdalits*.¹ Keine fahrbaren Wege und nur wenige Fusspfade führen durch das Laurdalitgebiet, keine höher aufragenden Gipfel erlauben eine Aussicht über das einförmige Waldland, dessen rundhöckerige Höhen mit ihren glatten steilen Wänden dennoch oft nicht leicht bestiegbar sind; sie erreichen im Osten in Lövesnyta (w. von Löve im Lougenthal) 229 M., ebenfalls in den Höhen bei Rydningen und Jonsmyr im Westen 232 M. Auch die schöne Kuppe «Jordstöp» im nördlichsten Theil des Laurdalitgebirges hat ungefähr dieselbe Höhe. Die niedrigen Senkungen auf der Höhe zwischen den aufragenden langen Rücken streichen alle N.—S.; ihr Boden ist mit Sumpf und Moor, bisweilen mit kleinen Seen bedeckt; im Westen am Farris ist das Laurdalitgebirge in eine Anzahl Inseln, mit engen Sunden dazwischen, aufgeschnitten und hier drängt sich in SSO.—NNW.-licher Richtung der enge Lyseböfjord 4 Kilometer lang in dasselbe hinein.

¹ Ich entdeckte dies Gestein 1874; die erste Mittheilung darüber wurde 1875 in *G. v. Rath's* Abhandlung «Das Syenitgebirge von Ditro» publicirt; eine Beschreibung des Gesteines wurde in «Die silurischen Etagen 2 und 3», Kristiania 1882, P. 273 ff. geliefert; der Name Laurdalit wurde erst 1890 in *Zeitschr. f. Krystallographie* B. 16, 1 P. 32 eingeführt.

Die Umgrenzung des Laurdalitgebietes¹ ist folgende: der südlichste Punkt, wo der typische Laurdalit ansteht, ist die kleine Bucht bei Ono am Farrissee, wo derselbe an Laurvikit angrenzt; von hier geht die Grenze zuerst in W.—Ö., dann in SW.—NO.-licher Richtung nach Lunde im Lougenthal und folgt dann dem Fluss zuerst in nördlicher, dann in NW.-licher Richtung bis nach Bjerke im Lougenthal, von hier weiter längs der Westseite des Lougenthales über Gjonnæs und Gjona (die Grenze ist hier in der Höhe östlich von der Pferdestation Gjona, ungefähr $\frac{1}{2}$ Kilometer östlich von derselben) bis vorbei der Kirche von Kvelle zum Hofe Kvelle. Von hier biegt die Grenze herum (der Gipfel Jordstöp ist nach Mittheilung des Herrn Amanuensis C. O. B. Damm Laurdalit) und verläuft zuerst N.—S., dann in einer schwach gebogenen Linie bis zum Westabhang der Höhe Vemandsås am Farris.

Die Grenze (gegen Pulaskit) findet sich hier an einer kleinen Bucht östlich von der kleinen Halbinsel, östlich von der Insel Lövåsö. Die Inseln des Farrissee: Eikenæsö, Björnö, Flatö, Dörkilö, sowie die kleineren Inseln in der Nähe der grösseren bestehen alle aus Laurdalit; nur das flache Land an der Südwestseite der grossen Insel Björnö, gegenüber Næs, besteht nicht mehr aus Laurdalit, sondern aus stark zersetztem Pulaskit und Laurvikit. Auf der anderen Seite ist aber auch am Festland, westlich vom Farrissee, die Halbinsel bei Pollen, Hansrydningsåsen genannt, (westlich von Björnö und Eikenæsö) aus typischem Laurdalit bestehend, und auch die westliche Begrenzung von Pollen und der Bucht bei Tangen besteht noch aus diesem Gestein.

Auf diese Weise begrenzt (die Grenze ist zwischen Grötfjord und Jordstöp nicht genau festgestellt), bildet das Laurdalitgebiet auf der Karte ein birnenförmiges Areal, mit dem breiten Ende im Süden (hier grösste Breite zwischen Björnö und Lunde, ca. 8 km.) und dem Stielende im Norden (in Kvelle), wobei die längste Ausdehnung in N.—S.-licher Richtung ca. 12 km. beträgt. Das ganze Areal macht ungefähr 60 km. aus (früher 15—25 km.? angegeben).

Im Süden ist die Grenze ziemlich scharf, ohne schieferige oder feinkörnige Grenzfaciestypen; im Norden läuft das ganze Gebiet in eine Anzahl mächtige trachytoide nephelinsyenitische Gangmassen (Foyaite) aus, welche im südlichen Theil des Gebietes fast fehlen. Ziemlich eiförmig ist das graue, feste, sehr grobkörnige Hauptgestein über grosse Strecken; in den Aufschlüssen längs der Landstrasse im Lougenthal oder längs dem Wasserspiegel des Farrissee sieht man an verwitterter

¹ Siehe hierüber auch: W. C. Brögger: «Die silurischen Etagen 2 und 3», Kristiania 1882, P. 274.

Verwitterte Oberfläche einer Felswand von Laurusdalit bei Lunde im Loughdal.



Die weissen Vierecke sind grössere ziemlich idiomorphe Körner von Laurusdalit.
Maassstab $1/5$ der natürlichen Grösse. (Nach Photographie).

Fläche dicht an einander die spitzrhombischen Durchschnitte des Feldspathes, oft 5 bis 8 cm. lang von den Spaltflächen spiegeln; und dazwischen die ausgeätzten Vertiefungen des Elæoliths, mit ihrer matt weissen bis hellgrauen Oberfläche, nicht selten in Individuen, die einige Centimeter gross sind, ja bisweilen in faustgrossen Individuen mit rektangulären oder hexagonalen Umrissen, wenn sie nicht nur die eckigen Zwischenräume zwischen den Feldspäthen einnehmen. So ist dies grobkörnige Gestein an verwitterter Oberfläche schon beim schnellen Vorbeifahren im Wagen in ziemlichem Abstand durch seine Structur und seine Pockennarben leicht zu kennen.

Der typische Laurdalit ist *ein sehr grobkörniges Gestein*; wie gesagt erreichen die Feldspathkörner oft 5 bis 8 cm. in der Richtung der Makrodiagonale, bei $1\frac{1}{2}$ bis 2 cm. in derjenigen der Brachydiagonale; sie besitzen annäherungsweise die Form der Kalinatronfeldspäthe der Rhombenporphyre, mit hypidiomorpher Ausbildung der Combination (110), ($\bar{1}\bar{1}0$) ($\bar{2}01$), welche wie bekannt nach beiden Hauptspaltungsrichtungen rhombische Schnitte giebt. Die derartig ausgebildeten Feldspathindividuen (Zwillinge nach (100) scheinen nicht häufig) liegen nun oft annäherungsweise parallel, ziemlich dicht an einander, und spiegelt das Gestein deshalb auf der Oberfläche oft von tausenden und aber tausenden rhombischen Basisflächen (oder (010)-Flächen) des Feldspaths gleichzeitig. Zwischen den Feldspäthen liegen in feinerem eugranitischem Korn die übrigen Gesteinsgemengtheile, theils braunrother oder grauer Elæolith, theils noch andere Feldspathkörner und dann die dunklen Mineralien und die Übergemengtheile. Doch bildet der Nephelin (Elæolith) sehr häufig grössere hypidiomorphe Körner, in der Form kurzer Prismen mit Basis, (10 $\bar{1}$ 0) und (0001), welche mit ihren rektangulären oder hexagonalen Schnitten öfters bedeutende Dimensionen erreichen, ja ausnahmsweise faustgross werden; sie geben dem Gestein einen porphyrischen Charakter, wobei doch zu bemerken ist, dass von einer wirklichen Porphyrstructur nicht die Rede ist. Auch der rothbraune bronzefarbige Lepidomelan bildet bisweilen im Gestein ausgedehnte Flächen, manchmal 5 bis 10 cm. in den Richtungen der Tafel; diese Lepidomelanfelder sind poikilitisch von anderen Mineralien des Gesteins durchwachsen. Was die Mengenverhältnisse der Hauptmineralien betrifft, erhält das Gestein seinen Charakter aus dem grauen Feldspath, welcher mehr als die Hälfte, oft beinahe $\frac{2}{3}$ des Gesteins ausmacht.

So präsentirt sich der *typische* Laurdalit mit seiner charakteristischen Structur, welche nur bei den Laurvikiten analog ausgebildet ist, und mit seiner eigenthümlichen Zusammensetzung als ein sehr eigenartiges Gestein,

welches, soviel bis jetzt bekannt, an keiner Stelle in der Welt mit gleichartiger Beschaffenheit wiedergefunden ist.

Sowohl im Lougenthale als am Farris-See und namentlich westlich von demselben in den Profilen längs der Bahnlinie zwischen Tjose und Åklungen habe ich bei verschiedenen Exkursionen im Laufe der Jahre ein ziemlich reiches Material von Beobachtungen über *die Gangbegleiter des Laurdalits* eingesammelt. Obwohl gewiss manche Tiefengesteinsmassive viel reicher an begleitenden Gängen als der Laurdalit sind, schien dennoch dies Ganggefolge des echten abyssischen Typus aller Nephelinsyenite so viele eigenthümlichen Typen darzubieten, dass es von vorn herein hoffnungsvoll erscheinen musste, eben durch das Studium der näheren Beziehungen dieser Ganggefolgschaft zum Hauptgestein wichtige Erfahrungen über die Gesetze der Differentiation der Eruptivmagmen zu gewinnen. Eben durch seine Beobachtungen über das Ganggefolge der brasilianischen Nephelinsyenite entdeckte *Rosenbusch*, welcher hier der Bahnbrecher neuer Ideen war, die merkwürdige Abhängigkeit gewisser Gangtypen von bestimmten Hauptgesteinen, mit denen sie als treue Begleiter genetisch verbunden sind.

Während ich mit diesen Studien beschäftigt war, kam nun zuerst die grossartige Monographie der Nephelinsyenite von Arkansas durch *Francis Williams*, dann die prächtigen Untersuchungen von *Ramsay* und *Hackmann* über die Nephelinsyenite von Kola, *Högboms* interessante Untersuchung über das Nephelinsyenitgebiet von Alnö, *Osann's* über die Texasgesteine, die ausgezeichnete Abhandlung von *Kraatz-Koschlau* und *Hackmann* über die portugisischen Nephelinsyenite und ihre Begleiter und noch eine ganze Reihe anderer lehrreicher Arbeiten. Es wurden durch dieselben überall die zuerst von *Rosenbusch* vorgelegten Erfahrungen von einer bestimmten, sehr differenzirten Ganggefolgschaft der Nephelinsyenite bestätigt; wie bei vielleicht keiner anderen Gesteinsreihe schien hier das reiche vorliegende Material dazu geeignet, durch nähere Prüfung die Lehre von der Differentiation der Eruptivmagmen zu bestätigen und näher zu begründen.

Obwohl nun die hier vorgelegte Untersuchung die Hoffnungen, die ich anfangs gehegt hatte, in keiner Weise erfüllt hat, und obwohl ich vielleicht lieber noch einige Jahre das Material hätte vervollständigen sollen, ehe ich die Resultate publicirte, schien es mir doch schliesslich besser, die schon gewonnenen Erfahrungen vorzulegen, als noch länger zu warten, — auch deshalb, weil man einer durch Jahre fortgesetzten und stetig aufgeschobenen Arbeit am Ende selbst nicht das nothwendige Interesse zu opfern vermag; und während die Jahre eilen, lernt man

seine Forderungen mässigen und sich damit begnügen eine ganz bescheidene Ernte in die Scheuer mitzubringen, wenn man abends von der Arbeit heimkehrt

Die Aufgabe, welche dieser Arbeit gestellt wurde, war auf folgenden Gedankengang gegründet:

Eine grössere Anzahl Nephelinsyenitvorkommen in der ganzen Welt zeigt eine charakteristische Ganggefoldschaft; da dieselbe überall mit nahe verwandten Gesteinstypen wiederkehrt und nur ausnahmsweise einzelne dieser Gangtypen auch als Begleiter anderer Tiefengesteine auftreten, muss, wie *Rosenbusch* schon geschlossen hat, diese Ganggefoldschaft nicht nur mit den nephelinsyenitischen Hauptgesteinen genetisch verbunden sein, sondern es müsste vielleicht möglich sein zu beweisen, dass die Entstehung ihrer Mischungen durch Annahme stattgefundenen Differentiationsprocesse erklärt werden kann, und vielleicht auch zu zeigen, wie diese letzteren verlaufen sind.

Um diesen Zusammenhang des Ganggefolds und des Hauptgesteins näher zu erforschen, musste die Aufgabe gestellt werden, zuerst die durchschnittliche *chemische* Zusammensetzung des *Hauptgesteins*, dann die *chemische* Zusammensetzung *einer hinreichenden Anzahl der das Hauptgestein begleitenden Ganggesteinstypen* sicher festzustellen. Ein Vergleich der Mischung jeder dieser Typen mit derjenigen des Hauptgesteins würde dann muthmasslich bestimmte chemische Relationen ergeben müssen, aus welchen vielleicht gesetzmässige Beziehungen abgeleitet werden könnten.

Infolge der eben dargestellten Aufgabe musste es in erster Linie von Bedeutung erscheinen, die *chemischen* Beziehungen der einzelnen Gesteinstypen zu erforschen; es schien mir deshalb auch wichtiger, über eine grössere Anzahl Bauschanalysen der einzelnen Gesteinstypen verfügen zu können, als z. B. die Zusammensetzung der einzelnen Mineralien der verschiedenen Ganggesteine durch besondere Analysen sicher festzustellen; die petrographische Erforschung der einzelnen Typen war dann auch nur ein Mittel, nicht ein Ziel dieser Abhandlung und wurde deshalb auch nur soweit in Einzelheiten verfolgt, als es für den Hauptzweck der Abhandlung nöthig schien. Verschiedene Specialfragen, die an und für sich von Interesse gewesen sein könnten, mussten somit auch unberührt gelassen werden, um nicht die Vollendung der beabsichtigten Untersuchung länger als nöthig zu verzögern.

In Folgendem soll nun zuerst eine petrographische Beschreibung des Hauptgesteins und seiner Gangbegleiter gegeben werden, wobei in erster Linie auch die chemische Zusammensetzung der verschiedenen Gesteine berücksichtigt werden soll; dann soll auf dieser Grundlage versucht werden, den chemischen Zusammenhang des Hauptgesteins und seines Ganggefolges nachzuweisen.

Die Laurdalite.

Ihre petrographische Beschaffenheit habe ich schon früher bei mehreren Gelegenheiten kurz erwähnt; dieselbe soll hier etwas ausführlicher dargestellt werden.

Die die Laurdalite zusammensetzenden Mineralien sind:

Kryptoperthit (Natronorthoklas) und *Natronmikroklin* (= Anorthoklas, *Rosenbusch*), in geringerer Verbreitung auch *Mikroperthit*; herrschend, ungefähr $\frac{1}{2}$ bis $\frac{2}{3}$ des Gesteins ausmachend.

Nephelin (Elæolith) reichlich, oft, aber nicht immer von untergeordnetem primären *Sodalith* begleitet; *Cancrinit* scheint nur als Umwandlungsproduct von Nephelin und selbst als solcher nur sparsam vorzukommen.

Lepidomelan reichlich, neben den Feldspäthen und dem Nephelin gewöhnlich der hervortretendste Bestandtheil. — *Pyroxen*, theils diallagartig, theils grünlicher *Diopsid* in die Aegirinaugitreihe übergehend und reiner *Aegirindiopsid*, untergeordnet auch Aegirin in einigen, nicht in allen Varietäten.

Hornblendemineralien fehlen in dem Hauptgestein gewöhnlich vollständig, eine auffallende Thatsache im Vergleich mit den Ditroiten des Langesundsfordes, sowie mit den Foyaiten des Lougenthales (siehe weiter unten); spurenweise habe ich *Barkevikit* (namentlich an der Westgrenze W. von Pollen sowie am Lyseböfjord), sowie eine eigenthümliche Hornblende einer Übergangsreihe zwischen Katophorit und Arfvedsonit (Gestein von Ödegården zwischen Gjona und Lyseböfjord) beobachtet.

Olivin fehlt in der Hauptfacies des Laurdalits vollständig; in den etwas abweichenden Varietäten von Löve, von Kvärndalen bei Bjerke etc.

findet er sich schon in geringer Menge, in verschiedenen Vorkommen am Lyseböfjord ist er häufig und endlich in der basischen Facies von Lyseböfjord in reichlicher Menge, hier als das herrschende (Mg, Fe)-Silikat, vorhanden.

Von Übergemengtheilen tritt *Apatit* immer ausserordentlich reichlich auf (oft 2 bis 4 Procent) in ungewöhnlich dicken und grossen kurzen Prismen, welche namentlich die Eisenerze und den Glimmer durchsetzen. Er ist gewöhnlich voll von Flüssigkeitseinschlüssen. *Titanit* fehlt fast vollständig in dem Haupttypus, ist aber in manchen Varietäten, z. B. im Gestein von Ödegården reichlich in spitzrhombschen Krystallen und allotriomorphen, oft vom *Apatit* cellig durchlöcherten Körnern vorhanden. *Zirkon* findet sich spärlich auch in dem Haupttypus (z. B. von Björnö), reichlicher aber in den Gesteinen von Lien, von Löve, von Ödegården, zwischen Heum und Jønsmyr etc. etc. Auch *Pyrochlor*, ein *Lävenit*-ähnliches Mineral, sowie noch andere unbestimmbare seltene Mineralien finden sich in den genannten Varietäten. — *Flusspath* (weiss und violett-blau) findet sich in kleinen, in *Titanit* eingewachsenen Oktaedern im Gestein zwischen Heum und Jønsmyr. — Das herrschende *Eisenerz* ist ein titanhaltiger *Magnetit*, meistens in gerundeten Körnern, oft mit *Titanit*rand, gewöhnlich wohl ein Paar Procent ausmachend; *Eisenkies* ist bisweilen, ganz spärlich, sein Begleiter. — Die Laurdalite sind gewöhnlich so frisch, dass die Zersetzungsproducte keine Rolle spielen; die wichtigsten sind die *Zeolithe* (Natrolith, Hydronephelit, Analcim, — nach Nephelin und Sodalith), seltener *Kaliglimmer* und *Cancrinit*, dann *Serpentin* und *Talk-Chloritmineralien* nach dem Olivin. Als magmatische Resorptionsbildungen können die *Pterolitbildung* und die *Kranzbildung von Titanit um das Eisenerz* erwähnt werden.

Die *Feldspäthe* der Laurdalite bieten in Einzelheiten manche interessante Eigenthümlichkeiten dar; eine erschöpfende Beschreibung derselben würde aber hier zu weit führen und müsste zum Vergleich auch von einer Bearbeitung der Feldspäthe der Laurvikite, Tönsbergite (siehe unten), der Pulaskite und der Glimmersyenite und der Rhombenporphyre begleitet werden. Ich finde es deshalb bei dieser Gelegenheit vortheilhafter die nähere Bearbeitung der Laurdalitfeldspäthe auf die künftige Beschreibung der Gesteine der Laurvikitreihe aufzuschieben und will deshalb hier nur einige orientirende Bemerkungen mittheilen. Der bei weitem herrschende Feldspath der Laurdalite ist ein perlgrauer *Kryptoperthit* (Natronorthoklas) oder ein ähnlich aussehender Natronmikroclin. In Schnitten nach (001) löscht derselbe sehr häufig in der ganzen Ausdehnung der Präparate parallel aus; in Schnitten nach (010) sieht man

sehr allgemein, dass der Feldspath doch nicht einheitlich gebaut ist, indem wie bei Mikroperthiten längliche oft auskeilende Lamellen (nach einer Richtung ungefähr 69° — 72° mit (001) bildend) in der Hauptmasse des Schnittes vertheilt liegen.

Während diese letztere eine Auslöschung von ca. $+12^{\circ}$ bis $+14\frac{1}{2}^{\circ}$ (der letztere Werth bei dem typischen analysirten Laurdalit N. von Löve) zeigt, liefern die eingeschalteten Lamellen gewöhnlich Werthe von $+6^{\circ}$ bis $+7\frac{1}{2}^{\circ}$; und da wo diese Lamellen an die Hauptsubstanz angrenzen, findet man mit undulirender Auslöschung alle Zwischenwerthe zwischen 6 bis $7\frac{1}{2}^{\circ}$ und 12 bis $14\frac{1}{2}^{\circ}$. Die Schnitte nach (010) zeigen deshalb zwischen gekr. Nik. immer beim Bewegen ein eigenthümlich maschiges Aussehen, indem die Hauptsubstanz doch immer stark vorherrscht.

Diese letztere ist Kryptoperthit (und Natronmikroklin, siehe unten), die eingeschalteten Lamellen, welche in Schnitten nach (001) kaum unterscheidbar sind, müssen sich in ihrer Zusammensetzung wahrscheinlich dem Kalifeldspath (Orthoklas) nähern oder einem viel K_2O -reicheren Kryptoperthit (?) entsprechen.

Schnitte nach einer Fläche senkrecht zu den beiden Spaltbarkeitsrichtungen (001) und (010) löschen nun ebenfalls wie die basischen Schnitte häufig einheitlich parallel aus; in anderen Fällen zeigen sie bei *schwacher* Vergrößerung nur ein eigenthümlich verwaschenes Aussehen zwischen gekr. Nik., indem die Schnittfläche nur fleckweise ganz dunkel ist, während Maximum von Dunkel erst bei geringem Drehen rechts oder links eintritt, indem doch an keiner Stelle scharfe Grenzen zwischen den verschieden auslöschenden Partien vorhanden sind. Grosse Theile der Schnitte verhalten sich auch bei starker Vergrößerung auf dieselbe Weise, während an anderen Stellen dann die sehr feine Gitterstructur des *Natronmikroklin*s beobachtet wird, mit Auslöschung der gekreuzten Lamellensysteme gewöhnlich um $2\frac{1}{2}$ bis 4° nach jeder Seite. Die Gitterstructur ist oft so ausserordentlich fein, dass sie nur bei genügend starker Vergrößerung beobachtet wird; bei solcher ist sie aber so allgemein verbreitet, dass gewiss angenommen werden muss, dass der Feldspath meistens eher ein Natronmikroklin als ein Kryptoperthit ist. Im typischen Gestein (N. von Löve) habe ich z. B. den Feldspath zuerst für einen Kryptoperthit genommen, bis Schnitte nach der Fläche \perp (001) und (010) bei starker Vergrößerung die Gitterstructur beobachten liessen; die mit Gitterstructur versehenen Partien gehen hier so allmählich in die Substanz, bei welcher eine derartige Structur auch bei starker Vergrößerung nicht nachgewiesen werden konnte, über, dass unbedingt

angenommen werden muss, dass der Hauptfeldspath dieses Gesteins ein Natronmikroklin, nicht ein Kryptoperthit ist.

An anderen Vorkommen (z. B. im Laurdalit von Ödegården, zwischen Gjona und Lysebö) ist die Lamellenstructur auch in anderen Schnitten deutlich und nicht mehr so ausserordentlich fein; in diesem Gestein ist auch eine Gitterstructur nur ausnahmsweise vorhanden, indem das eine Lamellensystem nach dem Albitgesetz vorherrscht.

Auf der anderen Seite ist unbedingt ein *Kryptoperthit* (z. Th. in Mikroperthit — faserigen Feldspath — übergehend, z. B. im Gestein von Lien) in den Laurdaliten sehr verbreitet. Die chemische Zusammensetzung dürfte jedenfalls — ob Natronmikroklin oder Kryptoperthit vorherrscht — in den meisten Fällen innerhalb enger Grenzen variiren; bei der Berechnung der Bauschanalyse ist die wahrscheinliche Mischung des Feldspath des Haupttypus näher erwähnt.

Der Feldspath der Laurdalite ist durchgehends ziemlich reich an Einschlüssen, theils äusserst winzigen schwarzen Nadelchen (parallel zu (001) und (010) eingelagert), hauchdünnen braunen Täfelchen, auch kleinen Pyroxenmikrolithen und Biotitblättchen, sowie grössere Körnchen von Pyroxen, Biotit, Apatit, Erz etc. Flüssigkeitseinschlüsse scheinen wenig verbreitet. Am regelmässigsten ist aber der Feldspath reich an Einschlüssen von *Nephelin*, sehr häufig über grössere Felder in regelmässiger *schriftgranitischer Verwachsung*. Die durchgehends bedeutende Verunreinigung der Feldspäthe machte trotz der Frische derselben den Werth von Sonderanalysen derselben (sowie Bestimmungen der Achsenwinkel etc.) so zweifelhaft, dass ich von der Ausführung solcher abstand, indem die Darstellung von vollkommen reinem Analysenmaterial jedenfalls nur ganz ausnahmsweise gelingen dürfte.

Die Begrenzung der Feldspäthe des Laurdalits wurde schon oben kurz erwähnt; bei dem Haupttypus ist die Form meistens annäherungsweise diejenige der Einsprenglinge der Rhombenporphyre; bei dem Typus von Lien, Gjona etc. ist eine mehr isomere Ausbildung annäherungsweise mit vorherrschenden Flächen (001) und (010) vorhanden und führt hier auf die gewöhnlichen, ungefähr rektangulären Schnitte. Zwischen beiden Typen finden sich alle Übergänge.

Schliesslich nur ein Paar Worte über den oben gebrauchten Namen *Natronmikroklin*.

1877 beschrieb *Förstner* (Zeitschr. f. Kryst. B. 1, P. 547) als monosymmetrischen *Natronorthoklas* einige Feldspäthe von Pantellaria (von Monte Gibele und von Cuddia-Mida); Prof. *C. Klein* bewies aber nachher, dass diese Feldspäthe asymmetrisch waren und rechnete dieselben

(1878 und 1879) zu dem *Oligoklas*.¹ Dann beschrieb 1881 *O. Mügge* den «Feldspath aus dem Rhombenporphyr von Christiania» (Neues Jahrb. 1881, II P. 106 ff.); er bestimmte diesen Feldspath als *Oligoklas*,² und rechnete infolge dieser Auffassung die Rhombenporphyre zu den Diabasen (resp. Olivindiabasen).

So stand die Auffassung dieser asymmetrischen Na_2O - K_2O -Feldspäthe, als ich 1882 («Die silurischen Etagen 2 & 3 im Kristianiagebiet und auf Eker», P. 258—263, 292—307) die Feldspäthe der norwegischen Augitsyenite und Rhombenporphyre beschrieb. Ich wies bei dieser Gelegenheit nach, dass in denselben sowohl monosymmetrische *Natronorthoklase* (es waren diese die ersten sicher nachgewiesenen Natronorthoklase, denn die von *Förstner* zuerst als solche angenommenen zeigten sich, wie oben erwähnt, asymmetrisch) als asymmetrische Natronkalifeldspäthe vorkommen; für die letzteren führte ich den neuen Namen *Natronmikroklin* ein.³ Ich machte auch ausdrücklich darauf aufmerksam, dass hier nicht von einem einzelnen, bei allen Vorkommen identischen Feldspath die Rede war, sondern von einer *Reihe* verschiedener Glieder zwischen dem Kalifeldspath und dem Natronfeldspath (indem zugleich ein nicht unbedeutender CaO -Gehalt bei manchen Gliedern vorhanden war). Ich hob ferner die grosse Bedeutung der richtigen Auffassung dieser Feldspathreihe für die petrographische Systematik hervor (indem auf der richtigen Auffassung dieser Feldspäthe die Auffassung der Rhombenporphyre, der Augitsyenite etc. als *nicht* zu den Plagioklasgesteinen gehörend beruhen müsste).

Damit war nach meiner Ansicht ein guter und treffender Name, *Natronmikroklin*, für die asymmetrischen Na_2O - K_2O -Feldspäthe eingeführt und die richtige Erkennung ihrer petrographischen Bedeutung festgestellt. Als ich im Sommer 1882 mit *Rosenbusch*, unter dessen Leitung die Abhandlung *Mügge's* ausgearbeitet war, über diese Fragen sprach, behauptete er noch immer die Richtigkeit der von *Mügge* dargelegten Auffassung des Feldspaths des Rhombenporphyrs sowie des

¹ N. Jahrb. 1879, P. 532: «ich muss — — hervorheben, dass dieselben keinen Orthoklas enthalten, vielmehr trikliner Feldspath sind, den dem Oligoklas zuzurechnen (mit Hervorhebung seiner Besonderheiten) ich nicht im Zweifel bin».

² L. c. P. 117: «Vorläufig ist es wegen der Übereinstimmung in den optischen Eigenschaften, dem specifischen Gewicht und den krystallographischen Verhältnissen wohl erlaubt diese Feldspäthe sämmtlich dem Oligoklas zuzurechnen, wenn sie auch wegen ihrer abweichenden krystallographischen Constanten ähnlich wie diejenigen von Pantellaria und dem Hohen Hagen eine etwas gesonderte Stellung einnehmen werden».

³ P. 299 l. c.: «Einen Feldspath mit diesen Eigenschaften als einen Oligoklas zu bezeichnen, scheint mir nicht berechtigt. Mir scheint er einen eigenthümlichen, ganz gut charakterisirten Feldspath, welchen ich oben als *Natronmikroklin* bezeichnete, zu bilden».

Rhombenporphyrs selbst und konnte die Selbständigkeit meines Natronmikroklin nicht anerkennen.

Zwei Jahre später (1884) kam dann *Förstner's* zweite Abhandlung über die Na_2O - K_2O -Feldspäthe von Pantellaria, in welcher sowohl monosymmetrische Natronorthoklase als asymmetrische Na_2O - K_2O -Feldspäthe ausführlich beschrieben wurden; die letzteren wurden zum Theil als *Mikroclin-Albite* und *Mikroclin-Oligoklase* charakterisirt.

1885 gab dann *Rosenbusch* (in seiner Mikr. Phys. B. I, P. 550) eine Übersicht der Litteratur über die Natronkalifeldspäthe und führte hier für die asymmetrischen Glieder, welche ich also drei Jahre früher als *Natronmikrokline* bezeichnet hatte, den neuen Namen «*Anorthoklase*» ein, ein Name, welcher nachträglich von französischen Autoren (*Michel Lévy & Lacroix*, Min. d. roches 1888, P. 191) mit «*Anorthose*» übersetzt wurde.

Wenn nun der Name «*Anorthoklas*» im Vergleich mit dem älteren Namen «*Natronmikroclin*» mehr bezeichnend gewesen wäre, würde gegen die Einführung dieses neuen Namens Nichts zu sagen gewesen sein. Dies ist aber nach meiner Ansicht nicht der Fall, indem, wie auch *Zirkel* hervorgehoben hat, das Charakteristische dieser Feldspäthe weniger in der «*Nicht-Rechtwinkeligkeit*» (denn auch die Plagioklase sind nicht rechtwinkelig), als in der «*Beinahe-Rechtwinkeligkeit*» des Winkels (001) : (010) liegt.

Zirkel schlug deshalb noch einen dritten Namen «*Parorthoklas*» vor (Lehrb. d. Petrogr. B. I, P. 238, 1893) um dies auszudrücken. Soviel mir scheint, drückt aber der zuerst eingeführte Name «*Natronmikroclin*» genau dasselbe aus, und hat ausserdem den Vortheil, dass dadurch Ausdruck gegeben wird für die genaue Analogie im Verhältniss des Natronmikroklin zum Natronorthoklas einerseits und des gewöhnlichen Mikroklins (*Kalimikroclin*) zum gewöhnlichen Orthoklas andererseits.

Ich muss nach dem Obigen festhalten, dass die neueren Namen *Anorthoklas* und *Parorthoklas* beide überflüssig sind, und dass der zuerst eingeführte Name der asymmetrischen Natronkalifeldspäthe *Natronmikroclin* als der am meisten bezeichnende vorzuziehen ist.¹

¹ Der Grund, weshalb ich die obige Auseinandersetzung über die Priorität des Namens «*Natronmikroclin*» gegeben habe, ist die irreleitende Historik in *Hintze's* Handb. d. Min. B. II, P. 1418; es sind in diesem so ausgezeichneten Werk in so fern die norwegischen Natronkalifeldspäthe ganz stiefmütterlich behandelt, als sie unter Kalifeldspath, womit sie nichts zu thun haben, versteckt sind, während unter Kalinatronfeldspath weder die Vorkommen noch die Analysen erwähnt sind.

Für den *Nephelin* des Laurdalits genügt es auf die frühere Beschreibung hinzuweisen. Es ist ein, wenn sehr frisch, *grauer*, wenn etwas mehr angegriffen *röthlicher* Eläolith, mit den gewöhnlichen, früher beschriebenen Eigenschaften, in der Regel reich an Einschlüssen und häufig mit anfangender Zersetzung in Zeolithe (Natrolith, Hydronephelit, seltener Analcim und Kaliglimmer).

Er ist bei dem typischen Laurdalit häufig in grosser Ausdehnung gegen den Feldspath theilweise idiomorph begrenzt ($\propto P$ und oP), in oft 3—5 cm. grossen Krystallen, welche zahlreich eingestreut liegen; dann aber ist er auch immer zum grossen Theil gleichzeitig mit dem Feldspath ausgeschieden (was z. B. die fast nie fehlenden schriftgranitischen Durchwachsungen des Feldspaths mit dem Nephelin zeigen) und schliesslich hat sich die Krystallisation desselben noch häufig auch nach der abgeschlossenen Feldspathbildung fortgesetzt, indem der Nephelin zum Theil die Füllmasse zwischen den grossen Feldspathkörnern ausmacht. Die makroskopisch auffallenden Structurvarietäten sind zum grossen Theil davon bedingt, wie viel von dem Nephelin als relativ früh gebildete ziemlich idiomorphe Krystalle oder andererseits als Füllmasse ausgeschieden ist.

Der *Sodalith* ist beim Laurdalit bei weitem weniger verbreitet und weniger reichlich vorhanden als ich früher annahm; er kommt jedoch immerhin gar nicht selten, obwohl gewöhnlich nur in geringer Menge vor. Betreffs seiner Eigenschaften kann auf die frühere Beschreibung hingewiesen werden.

Der *Lepidomelan* besitzt genau die Eigenschaften des Lepidomelans der Laurvikite (siehe Sil. Etagen 2 & 3 P. 264 und 276); auch makroskopisch ist die Farbe oft prachtvoll bronzebraun, unter dem Mikroskop mit tief rothbraunen und strohgelben Absorbtionsfarben. Häufig bildet er grosse poikilitisch durchlöchernte Tafeln, oft von vielen Quadratcentimeter Flächenausdehnung, gewöhnlich reichlich von dicken Apatitnadeln und Erzkörnchen erfüllt. Zierliche Rutilnadelchen sind sehr verbreitet. Ausser als grössere poikilitische Tafeln, tritt der Glimmer auch zwischen den Feldspathkörnern und als Kranzbildungen um das Eisenerz auf.

Die *Pyroxene* und *Hornblend*en der Laurdalite wurden oben kurz erwähnt. Der titanhaltige, in Dünnschliffen violette Pyroxen, welcher der herrschende Pyroxen der Laurvikite ist, scheint in den Laurdaliten nicht so häufig, obwohl er auch bei diesen keineswegs selten ist; der herrschende Pyroxen der Laurdalite ist ein bläulichgrüner Aegirinaugit (bisweilen mit Randzone von Aegirin), welcher dann theils in grösseren mesostasisartigen Körnern, theils häufiger in zahlreichen kleinen zu

Aggregaten zusammengehäuften Körnchen zwischen den Feldspäthen eingeklemmt liegt. Im Gestein zwischen Heum und Jonsmyr ist er gegen Titanit idiomorph ausgebildet, während er in anderen Fällen sogar nach dem Nephelin auskrystallisirt ist. Wo er mit Olivin zusammen vorkommt, scheint er ziemlich durchgehends nach diesem ausgeschieden. Grössere Körner des Pyroxens der Laurdalite zeigen häufig eine ähnliche poikilitische Structur wie sonst die Lepidomelanplatten. Schriftgranitartige Verwachsungen von Aegirinaugit mit Feldspath und Nephelin wurden in mehreren Fällen beobachtet, ebenso sind blumenkohlartig verzweigte Skelettbildungen des Aegirinaugits, im Nephelin eingewachsen, ziemlich weit verbreitet.

Barkevikit ist, wie erwähnt, auffallend selten im Laurdalit vorhanden; doch ist derselbe in mehreren Varietäten vom Farrissee, so im Gestein von der Nordgrenze des Laurdalitmassives am Ostufer des Farris, ebenso im Gestein von Pollen am Westufer des Farris etc. etwas reichlicher (mit Aegirinaugit und Lepidomelan zusammen) vorhanden und fehlt auch nicht im Olivinlaurdalit vom Lyseböfjord. — Im Gestein von Ödegården (zwischen Gjona und Lysebö) findet sich verwachsen mit dem herrschenden Aegirinaugit eine eigenthümliche Hornblende einer Übergangsreihe zwischen Katophorit und Arfvedsonit mit Absorbtionsfarben b violettgrau = oder > c dunkel olivengrün, > a gelblich grün, und mit recht grossen Auslöschungswinkeln in schiefen Schnitten.

Es ist sehr bemerkenswerth, dass genau dieselbe Hornblende auch in dem Foyait von Heum (in der Nähe von Ödegården) auftritt, während ich dieselbe sonst in keinem anderen Gestein beobachtet habe; dass diese Foyaitgänge mit dem Laurdalit am engsten genetisch verbunden sind, dürfte kaum zweifelhaft sein.

Der *Olivin* fehlt, wie gesagt, gewöhnlich in den Laurdaliten, obwohl er doch (siehe oben) bei mehreren Vorkommen nicht gänzlich vermisst wird; er hat die Eigenschaften des Olivins der Laurvikite (siehe Sil. Etagen 2 & 3, P. 265—266), ist immer früh auskrystallisirt, in kleinen, rundlichen hypidiomorphen Körnern, im Pyroxen etc. eingewachsen.

Über die übrigen Bestandtheile der Laurdalite siehe oben.

Die *Krystallisationsfolge* ist im Allgemeinen: Apatit, (Zirkon); Eisenerz, (Titanit); (Olivin); Lepidomelan und Pyroxen; (Hornblende); Nephelin, (Sodalith) und Feldspath. Doch greifen die Krystallisationspatien der einzelnen Mineralien so oft über einander und ist gleichzeitige Krystallisation so verbreitet, dass eine ganz bestimmte Altersfolge der einzelnen Mineralien sich überhaupt wenig geltend macht.

Die **Structur** ist demnach eine echte Tiefengesteinsstruktur; sie ist nicht wenig wechselnd, wobei jedoch gewisse Haupttypen stark vorherrschend sind, obwohl dieselben gewiss durch alle Übergänge verbunden sind.

Der Haupttypus des *Laurdalits*, dessen Structur schon oben erwähnt wurde, ist structurell durch die hypidiomorphe Ausbildung der sehr grossen subparallelen Feldspäthe nach (110) und (201), sowie durch den reichlichen Gehalt an grossen hypidiomorphen Eläolithkörnern charakterisirt; es ist dieser typische Laurdalit ein ungewöhnlich grobkörniges Gestein. Es ist verbreitet zwischen Lunde und Löve im Lougenthal, bei Ödegården zwischen Gjona und Lysebö, in einer breiten Zone von Pollen an der Westseite von Farris, über Eikenäsö, Björnö, Flatö nach Ono und weiter nach Lunde; ferner an manchen Stellen am Grötfjord etc., bis in der Nähe der Nordgrenze an der Ostseite von Farris.

Eine andere Varietät (der *Lien-Typus*) ist bei etwas kleinerem Korn herrschend in der Umgegend von Gjona (bei Gjona, Gjonnæs, Lien etc.) sowie zum Theil am Lyseböfjord etc. Die Feldspäthe zeigen hier eine hypidiomorphe Begrenzung mit Neigung zu kurzrectangulären Schnitten (nach (001) und (010)) mit durchschnittlicher Korngrösse derselben von 1 cm.; der Nephelin ist theils in *kleinen*, ziemlich idiomorphen Körnern im Feldspath eingeschlossen (und ausserdem mit ihm mikropegmatitisch verwachsen), theils als Füllmasse zwischen den Körnern vorhanden; die dunklen Mineralien, zum grössten Theil früher als der Feldspath oder gleichzeitig mit demselben gebildet, sind wie in dem Haupttypus vertheilt, indem namentlich der Glimmer häufig den Raum zwischen den rectangulären Feldspäthen erfüllt. Dieser Lientypus nähert sich structurell etwas dem Chibinit von Umptek, Kola, obwohl die Mineralienzusammensetzung nicht dieselbe ist.

Die chemische Zusammensetzung des Lien-Typus und des Haupttypus des Laurdalits dürfte kaum wesentlich verschieden sein.

Beide gehen auch durch alle Übergänge in einander über; indem im Haupttypus die Rhombenschnitte der Feldspäthe mehr und mehr verschwinden, die rectangulären Schnitte vorherrschen, pflegt gleichzeitig auch die Anzahl der grossen Eläolithkörner, die hypidiomorphen Einsprenglingen ähnlich sind, abzunehmen und schliesslich pflegen sie nur ganz vereinzelt eingestreut zu liegen, während die Hauptmasse des Eläoliths zwischen den Feldspäthen als Füllmasse erscheint (z. B. längs dem Grötfjord und der Fortsetzung des Lyseböfjords beim Rudern längs den steilen Uferwänden von Süden nach Norden gut zu beobachten).

An der kleinen Höhe östlich von der Landstrasse, gerade gegenüber den Häusern bei Gjona Pferdestation sieht man, dass grosse Einschlüsse des Haupttypus (ein derartiger Einschluss war ca. 16 Meter lang, 5 Meter breit, andere viel kleiner) von länglich gerundeter Form oder linsenförmig, aber rings herum scharf begrenzt, im Lien-Typus eingeschlossen liegen. Es scheinen dieselben eher als eingeschlossene, abgerundete Bruchstücke früher erstarrten Gesteins denn als Schlieren aufgefasst werden zu müssen. Nach dieser Beobachtung wäre der Haupttypus der ältere, der Lientypus zum Theil der jüngere beider Varietäten.

Am Lysebøfjord tritt lokal (an der Westseite des Fjords) eine sehr abweichende Varietät mit grösserem Reichthum an dunklen Mineralien auf; in seiner relativ basischen feinkörnigen Hauptmasse liegen theils recht vereinzelt sehr grosse, bis 10 cm. lange einsprenglingsartige Krystalle von grauem Eläolith, theils isomere, ungefähr 1 cm. grosse unregelmässige Körnchen von Feldspath und Eläolith. In der relativ feinkörnigen Hauptmasse (Korngrösse $\frac{1}{2}$ bis 3 mm.) liegen unzählige kleine gerundete Olivinkörnchen und Körnchen von Eisenerz (zum Theil mit dünnen Kränzchen von Lepidomelanblättern) sowie Apatitkrystalle in Masse, gemengt mit ziemlich idiomorphen Nephelinkörnern, zwischen welchen der Feldspath (Natronmikroclin und Kryptoperthit) theils als gleichzeitige Bildung, theils oft nur als Füllmasse auftritt; endlich liegen auch vereinzelt etwas grössere unregelmässige, gewöhnlich von Apatit und Eisenerz durchspiesste Körner von unter dem Mikroskop violettgrauem Pyroxen in dieser Masse eingestreut, sowie als Füllung um diese und um die Olivinkörner bisweilen spärlich Barkevikit; der Nephelin ist hier zum Theil so früh auskrystallisirt, dass ich sogar wohl begrenzte Nephelineinschlüsse in den Pyroxenkörnern und im Barkevikit beobachtet habe. Selbst in diesem basischen Gestein macht nach der unten angeführten Berechnung der Bauschanalyse desselben doch der Feldspath und Nephelin zusammen ungefähr $\frac{2}{3}$, die Übergemengtheile Eisenerz und Apatit mehr als $\frac{1}{5}$ des Gesteinsgemenges aus; der Rest wird wesentlich von Olivin und Pyroxen gebildet.

Der Olivin ist nach dem Eisenerz das herrschende dunkle Mineral, weshalb diese Varietät wohl als *Olivinlaurdalit* bezeichnet werden darf. Seine rundlichen Körnchen sind (wie schon von *Rosenbusch*, dem ich einen Dünnschliff dieses Gesteins gesandt hatte, erwähnt) von schmalen Kranzbildungen (Coronitbildungen) umgeben, welche an diejenigen der Hyperite erinnern; dieselben finden sich nur, wo die Körner an Feldspath oder Nephelin angrenzen, nicht gegen den Pyroxen, und umgeben auch die Eisenerzkörner. Sie bestehen aus schwach grünlich gefärbten (sehr

schwach pleochroitischen) radial gestellten Blättern, und dazwischen bisweilen von dünnen Fasern; die parallel auslöschenden, mittels stark doppelbrechenden (roth und gelb erster Ordnung) Blätter gehören aller Wahrscheinlichkeit nach einem Mineral der Talk-Chloritreihe; bisweilen ist auch Serpentin vorhanden. Innerhalb dieser Kranzbildungen ist immer eine Randzone von Magnetitstaub (oder daraus gebildetem Eisenoxydhydrat) und von den Kranzbildungen dringen die Umwandlungsproducte, woraus sie bestehen, häufig in die Feldspäthe und noch mehr in die Nephelinkörnchen hinein, häufig so, dass diese theilweise oder vollständig pseudomorphosirt sind durch dieselben Talk-Chlorit-Mineralien, welche die Kranzbildungen selbst zusammensetzen, was namentlich in solchen Fällen sicher constatirt werden konnte, wenn die Nephelinkörner idiomorph begrenzt waren. Ob diese Erscheinungen auf magmatische oder, was hier wohl wahrscheinlicher, auf spätere (die Zeolithbildung begleitende) Lösungsprocesse zurückzuführen sind, lässt sich kaum sicher entscheiden.

Der Olivinlaurdalit scheint als eine wenig verbreitete *basische Facies* des gewöhnlichen Laurdalits aufgefasst werden zu müssen; am Lysebøfjord ist derselbe von sehr nephelinarmem, hellem, porphyränlich struirtem, grobkörnigem Syenit in Gängen durchsetzt. Quantitativ spielt der Olivinlaurdalit im Vergleich mit den übrigen Typen eine ganz untergeordnete Rolle.

Mit dem Olivinlaurdalit vom Lysebøfjord etwas verwandt, obwohl bedeutend weniger basisch, ist das Gestein eines ungefähr 10 Meter mächtigen Ganges, welcher in SW.—NO.-licher Richtung am Ostufer des Farrisesees, am Festlande östlich von der Mitte der Insel Flatø, durch den Haupttypus des Laurdalits aufsetzt. Das Gestein besteht in mittlerer Korngrösse (die Feldspäthe mit hypidiomorpher Begrenzung nach (201) und (110) ca. 1 cm. lang, die übrigen Mineralien dazwischen in kleinerem Korn) aus Kryptoperthit, Nephelin, in Dünnschliff stark violettem Pyroxen, Olivin in runden Körnchen, Eisenerz, Apatit und ein wenig Lepidomelan. Die Bestandtheile sind dieselben wie im vorigen Gestein, nur die Mengenverhältnisse sind andere, indem die hellen Mineralien mehr vorherrschen, und das Eisenerz nur in geringer Menge vorhanden ist; der Nephelingeht ist geringer als im Haupttypus des Laurdalits und kommt nur in kleinen Körnern vor. Die Structur ist ungefähr die typische Laurvikitstructur, also eine echte Tiefengesteinsstructur.

Das Gestein ist somit ein *Olivin-Pyroxen-Laurdalit*. Es ist bemerkenswerth, dass dieselben Mineralien in denselben Varietäten auch im *Laurvikit* von Ono am Farrissee (an der Grenze gegen den Laurdalit) vorhanden sind, und dass das eben beschriebene Ganggestein deshalb

durch seinen violetten Pyroxen- und seinen Olivingehalt eine grosse Annäherung an den Laurvikit zeigt; der Nephelingeht ist aber, obwohl kleiner als im gewöhnlichen Laurdalit, bei weitem grösser als im Laurvikit, und das Gestein muss deshalb eher als ein Nachschub des Laurdalits, denn als ein direct mit dem Laurvikit verbundener Gang aufgefasst werden. Es zeigt aber zur weiteren Evidenz, wie äusserst nahe verwandt die Gesteine der Laurdalitreihe und die Gesteine der Laurvikitreihe in der That sind.

Eine ausführliche Beschreibung der verschieden anderen beobachteten Varietäten des Laurdalits (z. B. die analcimführenden Gesteine von Kværndalen und Bjerke, die losen Gerölle vom Laurdalit von Hölen etc.) hat für diese Abhandlung keinen Zweck. Im grossen Ganzen ist auch der Laurdalit ein so einförmig zusammengesetztes Gestein, dass er in *chemischer* Beziehung gewiss nur innerhalb ganz enger Grenzen variirt.

Die chemische Zusammensetzung der Laurdalite variirt natürlich etwas mit der mineralogischen Zusammensetzung. Der Haupttypus ist aber über grosse Strecken so einförmig und die abweichenden Typen nehmen so geringe Areale ein, dass eine Analyse des Haupttypus unzweifelhaft ziemlich genau der Durchschnittsmischung des ganzen ursprünglichen Laurdalitmagmas entsprechen dürfte. Anstatt nun das Material einer Bauschanalyse des Gesteins auf die Weise zu erhalten, dass man aus einer grösseren Anzahl von Stufen verschiedener Lokalitäten eine Durchschnittsprobe herausnimmt, wurde durch eine besondere Exkursion festgestellt, welcher der verschiedenen Gesteinstypen der unbedingt herrschende zu sein schien, und aus diesem wurde dann mit Rücksicht auf die sehr grobkörnige Structur eine Bauschanalyse aus einem grösseren Block ausgeführt.

Es bestätigte sich dadurch die Vermuthung, dass die früher publicirte Analyse (III) nicht, wie ich früher geglaubt hatte, das typische Hauptgestein repräsentiren könnte, indem das früher analysirte Stück (aus einem Prellstein bei Lunde geschlagen) einer ungewöhnlich *basischen*, an dunklen Mineralien (Eisenerz), sowie an Nephelin reicheren Varietät angehörte.

Einer relativ *sauren*, an dunklen Mineralien relativ armen, an *Feldspath* reicheren Zusammensetzung entspricht die Analyse II des Laurdalits von der Grenze westlich von Pollen an der Westseite des Farris-Sees; die Unterschiede von dem analysirten Haupttypus sind jedoch gering.

Eine ganz extreme, an Fe-Oxyden, MgO und TiO₂ extrem reiche basische Facies stellt die Analyse IV des Olivinlaurdalits von Lyseböfjord dar; dies Gestein und extreme Typen überhaupt spielen aber quantitativ nur eine ganz geringe Rolle, indem das normale Gestein, der Typus von N. Löve, so stark vorherrschend ist, dass die Analyse desselben zweifelsohne der Durchschnittsmischung des Laurdalit-Massives ziemlich genau entsprechen muss.

I. Laurdalit; Normaler Haupt- typus. N. von Löve, Lougenthal.	II. Laurdalit; W. von Pollen; W.-Seite von Farris.	III. Laurdalit; Nephelinreicher Typus. Lunde, Lougenthal.	IV. Olivin- laurdalit; basische Facies Lyseböfjord.
SiO ₂ 54.55	56.35	51.90	45.16
TiO ₂ 1.40	1.00	Nicht best.	6.98
Al ₂ O ₃ 19.07	19.85	22.54	15.26
Fe ₂ O ₃ 2.41	1.91	4.03	9.57
FeO 3.12	2.03	3.15	4.99
MnO 0.17	0.20	Nicht best.	0.63
MgO 1.98	1.17	1.97	3.18
CaO 3.15	2.60	3.11	2.87
Na ₂ O 7.67	8.89	8.18	6.57
K ₂ O 4.84	5.31	4.72	3.87
H ₂ O (Glühw.) . . 0.72	0.70	0.22	—
P ₂ O ₅ 0.74	0.67	Nicht best.	1.54
99.82	100.68	99.82	100.62

Die Analysen I und II sind neu (von Herrn V. Schmelck ausgeführt); ebenso die Analyse IV (Alkalien von Herrn L. Schmelck, die übrigen Bestandtheile von Herrn P. Schei); die Analyse III (von Herrn G. Forsberg) wurde schon früher (in Zeitschr. f. Kryst. B. 16, I, P. 33) publicirt; dieselbe ist wegen fehlender Bestimmung von TiO₂, MnO und P₂O₅ unvollständig. Wird der TiO₂-Gehalt auf 1.50 %, der P₂O₅-Gehalt auf 0.50 geschätzt, was sicher nicht zu hoch, sollte nach der angewandten analytischen Methode der SiO₂-Gehalt zu 51.60, der Al₂O₃-Gehalt zu 20.84 corrigirt werden und die Analyse also so aussehen: 51.60 SiO₂, 1.50 TiO₂, 20.84 Al₂O₃, 4.03 Fe₂O₃, 3.15 FeO (& MnO), 1.97 MgO, 3.11 CaO, 8.18 Na₂O, 4.72 K₂O, 0.22 H₂O, 0.50 P₂O₅.

Die Mischung der Analyse I entspricht, wie gesagt, dem herrschenden Typus; bei weitem das grösste Areal wird von diesem eingenommen. Die übrigen analysirten Typen entsprechen Differentiationsproducten dieses Hauptmagmas, welche bei Berücksichtigung ihrer Mengenverhält-

nisse zusammen durchschnittlich die Mischung des Hauptgesteins geben dürften; eine derartige Berechnung würde natürlich eine grössere Anzahl von Analysen, sowie sehr umfangreiche Beobachtungen über die Verbreitung der einzelnen chemisch abweichenden Typen erfordert haben, welches Verfahren aber doch kaum eine viel genauere Vorstellung von der Durchschnittsmischung des Laurdalitmagmas gegeben haben würde. Nach den vorliegenden Beobachtungen hat nur der ein wenig saurere Typus (Analyse II) eine etwas grössere Verbreitung; der basischere der alkalireicheren Typen (Analyse III) ist bei weitem weniger verbreitet (namentlich längs der Südgrenze des Laurdalitgebietes) und der dunkle Typus der Analyse IV spielt nur eine ganz verschwindende Rolle.

Eine berechnete Zusammensetzung von 10 Theilen der Mischung II, 4 Theilen der Mischung III und 1 Theil der Mischung IV giebt, verglichen mit der Analyse des Hauptgesteins:

	Hauptgestein.		Ber. Mittel.
SiO ₂	54.55		54.34
TiO ₂	1.40		ca. 1.53
Al ₂ O ₃	19.07		19.29
Fe ₂ O ₃	2.41	} Entspr. 5.79 Fe ₂ O ₃	} 2.99 } Entspr. 5.84 Fe ₂ O ₃
FeO	3.12		
MnO	0.17		ca. 0.20
MgO	1.98		1.52
CaO	3.15		2.70
Na ₂ O	7.67		8.54
K ₂ O	4.84		5.05
P ₂ O ₅	0.74		ca. 0.69

Die Übereinstimmung ist, der Natur der Sache gemäss, nicht genau — es müsste ein grösseres Beobachtungsmaterial vorgelegen haben —, deutet aber doch genügend an, dass die analysirte Mischung des Hauptgesteins wahrscheinlich einer Durchschnittsmischung des Laurdalitgebietes ziemlich nahe entsprechen muss. Da der Haupttypus für sich bei weitem den grössten Theil des Laurdalitgebietes einnimmt, und da die übrigen Typen *durchschnittlich* eine derjenigen des Haupttypus entsprechende Mischung besitzen dürften, scheint es demnach wohl berechtigt, die Zusammensetzung des Haupttypus für den Vergleich mit den Gangtypen zu Grunde zu legen.

Die Analyse I des Haupttypus kann mit Rücksicht auf die Beobachtungen unter dem Mikroskop ungefähr in folgender Weise berechnet werden:

SiO ₂	27.21	
Al ₂ O ₃	8.71	
Na ₂ O	4.69	
	<hr/>	
	40.61	Na ₂ Al ₂ Si ₆ O ₁₆

SiO ₂	1.17	
Al ₂ O ₃	1.00	
CaO	0.56	
	<hr/>	
	2.73	Ca Al ₂ Si ₂ O ₈

SiO ₂	12.29	
Al ₂ O ₃	3.47	
K ₂ O	3.19	
	<hr/>	
	18.95	K ₂ Al ₂ Si ₆ O ₁₆

SiO ₂	5.83	
Al ₂ O ₃	4.28	
CaO	0.13	
Na ₂ O	2.07	
K ₂ O	0.65	
	<hr/>	
	12.96	Nephelin.

SiO ₂	0.76	
Al ₂ O ₃	0.63	
Na ₂ O	0.52	
Cl	0.14	
	<hr/>	
	2.05	Sodalith.

SiO ₂	2.04	
CaO	0.95	
MgO	0.68	
	<hr/>	
	3.67	Mg Ca Si ₂ O ₆

SiO ₂	1.24	
CaO	0.58	
FeO	0.74	
	<hr/>	
	2.56	Fe Ca Si ₂ O ₆

62.29 % Feldspäthe
(wesentlich Natron-
mikroklin).

8.33 % Pyroxen.

SiO ₂	0.26	
Al ₂ O ₃	0.32	
Fe ₂ O ₃	0.20	
MgO	0.17	
	<hr/>	
	0.95	Mg(Al, Fe) ₂ SiO ₆
SiO ₂	0.60	
Fe ₂ O	0.40	
Na ₂ O	0.15	
	<hr/>	
	1.15	Na ₂ Fe ₂ Si ₄ O ₁₂
SiO ₂	3.15	
TiO ₂	0.40	
Al ₂ O ₃	0.66	
Fe ₂ O ₃	0.60	
FeO	1.79	
MnO	0.17	
MgO	1.13	
CaO	0.06	
Na ₂ O	0.23	
K ₂ O	1.00	
H ₂ O	0.35	
	<hr/>	
	9.54	Lepidomelan.
TiO ₂	1.00	
Fe ₂ O ₃	1.20	
FeO	0.58	
	<hr/>	
	2.78	Titanreicher Magnetit.
P ₂ O ₅	0.74	
CaO	0.87	
F	0.07	
	<hr/>	
	1.68	Apatit.

Ausserdem Spuren von Titanit, Zirkon, Eisenkies; Chlorit in Spuren.

Nach dieser Berechnung der Analyse, welche keinen Rest giebt, sollte die Durchschnittszusammensetzung der einzelnen Mineralien die folgende sein:

<i>Feldspath.</i>	<i>Kryptoperthit, Ula</i> (nach <i>Stenberg & Hedstrom</i>).
SiO ₂	65.29
Al ₂ O ₃	21.16
CaO	0.90
Na ₂ O	7.53
K ₂ O	5.12
	100.00

wobei K₂O : Na₂O sich = 1 : 2.22 verhalten.

Diese Zusammensetzung stimmt auffallend genau mit derjenigen des analysirten Kryptoperthits von Ula,¹ dessen Analyse (Mittel) daneben angeführt ist, überein (der Al₂O₃-Gehalt in der Analyse sicher mehr als 1 % zu niedrig gefunden). In der That stimmt der Natronmikroclin des analysirten Laurdalits auch mit einer derartigen Zusammensetzung überein, indem der Auslöschungswinkel auf (010) gegen die Trace von (001) für die bei weitem vorherrschende Masse des Feldspathes ca. 14¹/₂⁰ beträgt, während dieser Winkel bei dem Murchisonit von Ula zu 14⁰38' gemessen wurde. Es giebt diese Beobachtung eine bedeutende Stütze für die Richtigkeit der ganzen Berechnung der Bauschanalyse.

Der *Pyroxen* sollte, auf 100 berechnet, folgende Durchschnittsmischung haben (zum Vergleich ist die Analyse des Pyroxens des Laurvikits von Byskoven bei Laurvik nach *Merian*, Neues Jahrb. f. Min. B. B. III, P. 266, nebenbei angeführt).

Pyroxen, Laurdalit, N. v. Löve; Berechnet.	Pyroxen, Laurvikit, Byskoven; Gefunden von Merian.
SiO ₂	49.70
TiO ₂	—
Al ₂ O ₃	3.84
Fe ₂ O ₃	7.20
FeO	8.89
MgO	10.20
CaO	18.37
Na ₂ O	1.80
K ₂ O	—
	100.00
	99.73

¹ Siehe meine Beschreibung in Zeitschr. f. Kr. B. 16, II, P. 346.

Der *Lepidomelan*, bei welchem sich nach der Berechnung alle Fehler häufen, sollte bestehen aus:

	Lepidomelan, N. v. Löve (berechnet).	Lepidomelan, Barkevik. G. Flink, Zeitschr. f. Kr. B. 16, II, 191.
SiO ₂	33.02	34.37
TiO ₂	4.19	4.68
Al ₂ O ₃	6.92	6.84
Fe ₂ O ₃	6.29	24.89
FeO	18.76	7.47
MnO	1.79	2.41
MgO	11.84	4.05
CaO	0.63	0.78
Na ₂ O	2.41	2.13
K ₂ O	10.48	9.03
H ₂ O, F	3.67	2.27
	100.00	98.92

Zum Vergleich ist in der rechten Columnne *G. Flink's* Analyse des Lepidomelans von Barkevik nebenbei angeführt.

Die berechnete Zusammensetzung des Haupttypus des Laurdalits wäre somit ungefähr:

ca. $62\frac{2}{3}\%$ Alkalifeldspäthe	}	ca. $77\frac{2}{3}\%$.
« 13 « Nephelin		
« 2 « Sodalith		
« $8\frac{1}{3}\%$ « Pyroxen	}	ca. 18 %.
« $9\frac{2}{3}\%$ « Lepidomelan		
« $2\frac{2}{3}\%$ « Eisenerz	}	ca. $4\frac{1}{3}\%$.
« $1\frac{2}{3}\%$ « Apatit		
100.00		

Diese Zusammensetzung variirt über grosse Strecken sehr wenig; nur ist der Sodalithgehalt bisweilen fast verschwunden, jedoch pflegt der Gehalt an Nephelin entsprechend grösser zu sein.

Die Analyse III repräsentirt eine nephelinreichere Mischung; da das Originalstück der Analyse verloren gegangen ist, soll von einer detaillirten Berechnung Abstand genommen werden.

Die Berechnung der Analysen II und III führte betreffs der relativen Mengen von Nephelin, Feldspath und dunklen Mineralien auf etwas abweichende Resultate; da jedoch diese Abweichungen nicht sehr be-

deutend sind, schien es mir von geringem Interesse diese Berechnungen hier zu wiederholen.

Eine ganz abnorme Mischung repräsentirt der *Olivinlaurdalit* von Lyseböfjord; die Analyse desselben kann auf folgende Weise berechnet werden:

SiO ₂	19.81	}	46.08 % Alkalifeldspath.
Al ₂ O ₃	5.63		
Na ₂ O	3.42		
	<hr/> 28.86		
	Na ₂ Al ₂ Si ₆ O ₁₆		
SiO ₂	11.17	}	
Al ₂ O ₃	3.19		
K ₂ O	2.86		
	<hr/> 17.22		
	K ₂ Al ₃ Si ₆ O ₁₆		

SiO ₂	8.02
Al ₂ O ₃	6.06
CaO	0.04
Na ₂ O	3.01
K ₂ O	0.84
	<hr/> 17.97
	Nephelin.

SiO ₂	0.43
TiO ₂	0.06
Al ₂ O ₃	0.08
Fe ₂ O ₃	0.32
(Fe, Mn)O . .	0.13
MgO	0.05
CaO	0.01
Na ₂ O	0.02
K ₂ O	0.11
H ₂ O	0.02
	<hr/> 1.23
	Lepidomelan.

SiO ₂	2.52
TiO ₂	0.04
Al ₂ O ₃	0.02
Fe ₂ O ₃	0.30
(Fe, Mn)O . .	0.31

MgO 0.56

CaO 1.10

Na₂O 0.09

K₂O 0.05

4.99 Pyroxen.

SiO₂ 0.21

TiO₂ 0.01

Al₂O₃ 0.05

Fe₂O₃ 0.03

(Fe, Mn)O . . 0.11

MgO 0.01

CaO 0.05

Na₂O 0.03

K₂O 0.01

0.51 Barkevikit.

SiO₂ 3.00

FeO 2.60

MgO 2.56

8.16 (Mg, Fe)₂ SiO₄, Olivin.

P₂O₅ 1.54

CaO 2.01

F 0.13

3.68 Apatit.

TiO₂ 6.87

Fe₂O₃ 8.92

(Fe, Mn)O . . 2.47

18.26 Titaneisenerz.

Rest der Analyse: 0.23 Al₂O₃.

Zu wenig gefunden: 0.34 CaO.

Der Feldspath sollte auf 100 berechnet durchschnittlich bestehen aus: 67.23 SiO₂, 19.14 Al₂O₃, 7.42 Na₂O, 6.21 K₂O, wobei K₂O : Na₂O sich = 1 : 1.81 verhält.

Für den Pyroxen ist die Mischung des Pyroxens im Laurvikit von Byskoven, Laurvik, dem der Pyroxen des Olivinlaurdalits vollkommen ähnlich ist, angenommen.

Das Gestein sollte nach dieser Berechnung der Bauschanalyse bestehen aus:

ca. 46	%	Alkalifeldspath	}	ca. 64 %.
« 18	«	Nephelin.		
« 8	«	Olivin	}	ca. 14 $\frac{1}{2}$ %.
« 5	«	Pyroxen		
« 1	«	Lepidomelan		
« $\frac{1}{2}$	«	Barkevikit		
« 18	«	Titaneisenerz	}	ca. 21 $\frac{1}{2}$ %.
« $3\frac{1}{2}$	«	Apatit		
<hr/>				
100.00	%.			

Diese Zusammensetzung hat, wie der ungewöhnliche Gehalt der zuerst ausgeschiedenen Mineralien: Apatit, Titaneisenerz und Olivin zeigt, ganz den Charakter einer extremen Mischung, entsprechend den bekannten an Titaneisenerz (oder Magnetit) und an Olivin reichen extremen Faciestypen der Gabbrogesteine. Übereinstimmend mit diesem Charakter hat der Olivinlaurdalit vom Lysebøfjord auch eine rein lokale, beschränkte Verbreitung. Bemerkenswerth ist dabei der geringe CaO-Gehalt des Gesteins, welcher bei dem hohen Gehalt an P_2O_5 (Apatit) die Annahme eines nennenswerthen, CaO-Gehaltes im Feldspath unmöglich macht.

Versuchen wir den typischen Laurdalit zum Vergleich mit anderen Typen von abyssischen Nephelinsyeniten *chemisch* zu charakterisiren, so fällt namentlich der relativ *ungewöhnlich hohe Gehalt an CaO und MgO* in die Augen; durchschnittlich ist der Gehalt an MgO bei den Nephelinsyeniten unter 1 %, bei dem Laurdalit ca. 2 %, ferner der CaO-Gehalt durchschnittlich unter 2 %, bei dem Laurdalit mehr als 3 %. Entsprechend ist umgekehrt *der Alkaligehalt bei dem typischen Laurdalit etwas niedriger* (ca. 12 $\frac{1}{2}$ %) als bei den Nephelinsyeniten im Allgemeinen der Fall ist. Auch das Verhältniss des K_2O zum Na_2O = 1:2.5 ist nicht das bei den Nephelinsyeniten gewöhnliche, was aus folgender Übersicht hervorgehen wird.

Von gut charakterisirten abyssischen Nephelinsyenittypen können folgende erwähnt werden:

Normale Nephelinsyenite; können nach ihrer Structur getheilt werden in

Foyaite (trachytoide Nephelinsyenite) öfters hypabyssische, aber auch abyssische Gesteine, und

Ditroite (eugranitisch struirte normale Nephelinsyenite; siehe über die Namen Foyait und Ditroit weiter unten).

Die normalen Nephelinsyenite zeigen gewöhnlich SiO_2 -Gehalte zwischen 57 und 52 %, Al_2O_3 -Gehalte zwischen 20 und 23, Alkaligehalte zwischen 13 und 15 %, wobei das Verhältniss

$\text{K}_2\text{O} : \text{Na}_2\text{O}$ (nach Quotientzahlen gerechnet) ungefähr = 1 : 2

ist. Beispielsweise können erwähnt werden:

Nephelinsyenit, Red Hill, New Hampshire (<i>Hillebrand</i>)	$\text{K}_2\text{O} : \text{Na}_2\text{O} = 1 : 2.00.$
« Mittleres Transwaal (<i>Wülfing</i>) . . . «	« = 1 : 2.00.
« Monchique (Picota); (Mittel der Anal. von <i>Fannasch</i> und <i>Kaleszinsky</i>) . . . «	« = 1 : 2.00.
« San Vincente (<i>Dölter</i>) «	« = 1 : 2.02.
« Ditró (<i>Fellner</i>). «	« = 1 : 2.07.
« Bratholmen, Norwegen (<i>Forsberg</i>) . . . «	« = 1 : 1.91.
« Arkansas (<i>F. Williams</i>). «	« = 1 : 1.93.

Wie man aus den vorliegenden Analysen sieht, ist dies Verhältniss jedenfalls bei den abyssischen normalen Nephelinsyeniten ausserordentlich häufig; ob es auch durchgehends so ist, darüber lässt sich wenig sicheres behaupten, obwohl dies kaum wahrscheinlich wäre.

Abweichende Typen von Nephelinsyeniten.

Pulaskit; ein extremer saurer, relativ alkaliarmer Typus, welcher — selbst nephelinarm bis nephelinfrei — in die Natronsyenite hinüberführt und eigentlich nicht mehr zu den Nephelinsyeniten gerechnet werden kann. Das typische Gestein von Arkansas (mit 60.03 SiO_2 , 20.76 Al_2O_3 , 4.76 Fe-Oxyde, 0.80 MgO , 2.62 CaO) enthält nur 11½ % Alkalien (5.96 Na_2O , 5.48 K_2O); nahe übereinstimmende Gesteine finden sich in Hedrum und in Tuft im Lougenthal (mit 58.00 SiO_2 , 3.60 CaO , 5.14 Na_2O , 5.20 K_2O etc. siehe unten), ferner in Nordmarken, Norwegen (siehe unter Hedrumite); das Gestein von Foya ist schon reicher an Alkalien (13.87 %, nämlich 6.99 Na_2O und 6.88 K_2O) und entsprechend reicher an Nephelin.

$\text{K}_2\text{O} : \text{Na}_2\text{O}$ beim Pulaskit = 1 : 1.65 (Arkansas) oder 1 : 1.54 (Foya) oder 1 : 1.49 (Tuft, Norwegen), also nach den bisher vorliegenden Analysen ungefähr 1 : 1.5 oder 2 : 3.

Die Pulaskite besitzen ferner gewöhnlich eine eigenthümliche rektangulär-eugranitische Structur, welche in Verbindung mit der chemischen Zusammensetzung diesen extremen Typus gut charakterisirt.

Lichtfeldit, ebenfalls ein extremer Typus mit 60 % SiO_2 , ist ausserdem durch stark vorherrschenden Na_2O -Gehalt charakterisirt (13.21 Alkalien, davon 8.44 Na_2O , 4.77 K_2O), entsprechend im Gestein von Lichtfeld:

$$\text{K}_2\text{O} : \text{Na}_2\text{O} = 1 : 2.70.$$

Der herrschende Feldspath ist deshalb Albit; auch ist Cancrinit häufig. Unter den dunklen Mineralien herrscht Lepidomelan. Eugranitische Structur.

Der *Chibinä-Typus* (*Ramsay*) von Umptek, Kola — ich nenne ihn der Kürze wegen lieber *Chibinit*, — charakterisirt sich nach *Ramsay* durch eine grosskörnige, beinahe pegmatitische, annähernd trachytoide Structur, durch eigenthümliche Mineralienzusammensetzung, sowie chemisch durch ungewöhnlich hohen Na_2O -Gehalt (ca. 10 %) bei einem Gesamtgehalt von 15—16 % Alkalien; es verhält sich nach den Analysen von *Hackmann* und *Eichleiter*:

$$\text{K}_2\text{O} : \text{Na}_2\text{O} = 1 : 2.42 \text{ bis } 1 : 2.86.$$

Ein extrem Na_2O -reicher Typus ist ferner der durch seinen hohen *Cancrinitgehalt* charakterisirte *Särnait* von Siksjöberg (wohl vielleicht eher ein hypabyssischer, als ein abyssischer Typus) mit 11.52 Na_2O (*Mann*) auf einen Gesamtgehalt von 15.14 Alkalien:

$$\text{K}_2\text{O} : \text{Na}_2\text{O} = 1 : 5.01.$$

Der *Särnait* ist gleichzeitig auch ein extrem SiO_2 -armer Typus mit nur 51.04 SiO_2 und ausserdem durch seinen CO_2 -Gehalt charakterisirt.

Ein extrem basischer Typus (mit nur 50.36 SiO_2) ist der eigenthümliche Nephelinsyenit von *Beemerville* (*Kemp*, Transact. New York Acad. Sc. Vol. XI, P. 60, 1892); auch der CaO -Gehalt ist ungewöhnlich gross, 3.43 %; in dem Alkaligehalt (14.81) verhält sich

$$\text{K}_2\text{O} : \text{Na}_2\text{O} = 1 : 1.62.$$

Der *Beemervilletypus* ist somit ein K_2O -reicher Typus (mit 7.17 % K_2O), ebenso wie der noch K_2O -reichere *Sodalithsyenit* von Square Butte, Montana (*Melville & Lindgren*) mit 7.13 K_2O und $\text{K}_2\text{O} : \text{Na}_2\text{O} = 1 : 1.19$.¹

¹ Mit diesem verwandt ist ferner auch der Sodalith-führende Syenit von der Gegend zwischen South Boulder und Antelope Creek, Montana (U. S. Nat. Mus. Vol. XVII, 1895; *G. P. Merrill*) mit 5.47 Na_2O und 8.44 K_2O , also $\text{K}_2\text{O} : \text{Na}_2\text{O} = 1 : 0.98$, also wie im Square Butte Gestein, ungefähr $= 1 : 1$.

Einige andere besondere Typen, die eisenreichen *Luijaurite* von Luijaur Urt Kola (*Ramsay*), sowie die von *Ussing* erwähnten basischen trachytoiden Grenzfaciestypen des Sodalithsyenits von Kangerdluarsuk, Grönland, sind ebenfalls besonders zusammengesetzte extreme Typen. Von einer Reihe abweichender Typen (*Alnö*, etc.) fehlen chemische Analysen, so dass eine chemische Charakteristik nicht möglich ist.

Der *Laurdalit* ist verschieden von allen aus anderen Gegenden der Welt bekannten Typen von Nephelinsyeniten, nicht nur durch seine eigenthümliche Structur und seine Mineralien-Zusammensetzung, sondern auch in chemischer Beziehung, nämlich, wie erwähnt durch relativ hohen CaO- und MgO-Gehalt und durch relativ niedrigen Alkali-Thonerde-Gehalt, wobei auch das Verhältniss

$K_2O : Na_2O = 1 : 2.40$ (N. v. Löve), $1 : 2.54$ (Pollen), bis $1 : 2.63$ (Lunde), also ca. $1 : 2.5$ ein nicht gewöhnliches Verhältniss der Alkalien ist. Dies Verhältniss finden wir — so viel aus den bisher vorliegenden Analysen bekannt — nur bei wenigen Nephelinsyeniten, so bei dem Lichtfieldit, welcher jedoch ein viel saurerer Typus ist, und bei dem *Chibinit*, welcher chemisch durch *höheren* Alkaligehalt von dem Laurdalit verschieden ist.

Der Unterschied ist hier jedoch nicht gross, und der Chibinit scheint auch — abgesehen von der gewöhnlich abweichenden Structur — dem Laurdalit näher verwandt als andere Nephelinsyenittypen.

Auf der anderen Seite steht der Laurdalit dem *Laurvikit*, mit dem er nicht nur in seinem geologischen Vorkommen verbunden, sondern auch in Structur und Mineralien-Zusammensetzung¹ (abgesehen von dem grösseren Nephelingeht) verwandt ist, auch in chemischer Beziehung sehr nahe.

Eine Zusammenstellung der Analysen des Laurvikits, des Laurdalits und des typischen Chibinits zeigt, dass der Laurdalit in mehreren Beziehungen in der chemischen Zusammensetzung zwischen den beiden anderen Typen steht:

¹ Zum Vergleich kann hier die berechnete Zusammensetzung des Laurvikits von By-skoven, Laurvik (Analyse von *Merian*) mit derjenigen des typischen Laurdalits ange-führt werden:

	Feldspath	Nephelin	Sodalith	Pyroxen	Lepido-melan	Barkevikit	Olivin	Eisenerz	Apatit
<i>Laurvikit</i>	82	2	—	5	$2\frac{1}{2}$	$2\frac{1}{2}$	$1\frac{1}{2}$	$3\frac{1}{2}$	1
<i>Laurdalit</i>	$63\frac{2}{3}$	13	2	$8\frac{1}{3}$	$9\frac{2}{3}$	—	—	$2\frac{2}{3}$	$1\frac{2}{3}$

	<i>Laurvikit</i> ; ¹ Byskoven, Laurvik, (nach <i>A. Merian</i>).	<i>Laurdalit</i> ; N. v. Löve, (<i>V. Schmelck</i>).	<i>Chibinit</i> ; Haupttypus Umptek, (<i>V. Hackmann</i>).
SiO ₂	58.68	54.55	52.25
TiO ₂	1.00	1.40	0.60
Al ₂ O ₃	19.50	19.07	22.24
Fe ₂ O ₃	3.63	2.41	2.42
FeO	2.58	3.12	1.98
MnO	—	0.17	0.53
MgO	0.79	1.98	0.96
CaO	3.03	3.15	1.54
Na ₂ O	5.73	7.67	9.78
K ₂ O	4.50	4.84	6.13
H ₂ O	1.01	0.72	0.73
P ₂ O ₅	0.54	0.74	Nicht best.
	100.99	99.82	99.16

Wie der Vergleich zeigt, schliesst der Laurdalit sich chemisch (wie petrographisch und geologisch) dem fast nephelinfreien Laurvikit näher als dem nephelinreichen Chibinit an; ja die Untersuchung der Gesteine des Laurvikit-Laurdalitgebietes zeigt, dass petrographisch (und sicher auch chemisch) zwischen dem typischen Laurvikit und dem typischen Laurdalit überhaupt alle Übergänge vorhanden sind, obwohl die Haupttypen über grosse Strecken sehr einförmig sind und mit geologischer Selbständigkeit auftreten.

Nicht weniger nahe als mit den Laurvikiten sind die Laurdalite auch mit den in Hedrum und am Farrissee auftretenden *Glimmersyeniten* und *Pulaskiten* petrographisch verwandt und genetisch verbunden.

Die *Glimmersyenite* habe ich schon früher² (1890) kurz erwähnt; die damals gelieferte Beschreibung soll hier wiederholt werden: «dieselben treten namentlich in einem etwas grösseren Gebiete (ca. 45 qkm.) im Kirchspiel Hedrum (nordwestlich und westlich von Sandefjord zwischen dem Laugenthale und dem See Gogsjö) auf; lokal habe ich dieselben z. B. auch bei Nevlunghavn gefunden.»

¹ Die Analyse mit Bezug auf den TiO₂-Gehalt corrigirt.

² Zeitschr. f. Kryst. B. 16, 1, P. 31.

«In mineralogischer Beziehung unterscheiden sich die Glimmersyenite nur wenig von den Laurvikiten; man findet dieselben Mineralien, nur in anderen Mengenverhältnissen, indem namentlich der Glimmer mehr vorherrschend ist; doch scheinen Nephelin und Sodalith gewöhnlich zu fehlen; auch ist Titanit, welcher als primärer Bestandtheil in den Laurvikiten sehr selten erscheint, hier sehr häufig. Die Structur weicht von derjenigen der normalen Laurvikite dadurch ab, dass der Feldspath nicht mit hypidiomorpher Begrenzung nach ∞P und $2P \infty$ ausgebildet ist, sondern häufig (durch hypidiomorphe Ausbildung nach oP und $\infty P \infty$) annäherungsweise rectanguläre Schnitte, wie in gewöhnlichen eugranitischen Syeniten, zeigt; auch ist der Feldspath häufig nicht nur Natronorthoklas und Natronmikroklin, sondern auch ein alkalireicher Oligoklas. Der Glimmer ist ferner häufig in grösseren Tafeln von vielen Quadratcentimetern Fläche auf mesostatische Weise ausgebildet, was bisweilen sehr eigenthümliche Structurformen giebt.»¹ «Petrographisch finden sich alle Übergänge von diesen Glimmersyeniten durch ähnlich struirte Augitsyenite in die typischen Laurvikite.»

Als *Pulaskite* sollen hier (nach dem Vorgang von *Rosenbusch*) zusammengefasst werden mit den vorigen sehr nahe verwandte natronreiche Syenitgesteine ohne Quarz oder Nephelin (oder jedenfalls mit ganz minimalem Gehalt des einen oder des anderen dieser Mineralien), mit eugranitischer Structur, charakterisirt durch annäherungsweise rektanguläre (oft langrektanguläre) Ausbildung der Feldspathschnitte, und gewöhnlich durch geringen Gehalt an dunklen Mineralien. Diese Pulaskite gehen theils in die Glimmersyenite über (in Hedrum und Kvelle), theils bilden sie ziemlich ausgedehnte Gebiete von charakteristischen Gesteinen, welche eine sehr einförmige typische Ausbildung aufweisen (an der Ostseite des Farrissee zwischen der Grenze an der Lövåinsel und der niedrigen Kuppe «Diamanten», auch weiter nördlich); nördlich von Kristiania finden sie sich in grosser Ausbreitung im nördlichsten Theil von Nordmarken und gehen hier in Nordmarkite über.²

Die Analysen der Glimmersyenite und der Pulaskite zeigen mit denen des typischen Laurdalits eine sehr nahe Verwandtschaft:

¹ Dieselbe poikilitische Ausbildung der Lepidomelantafeln findet sich auch häufig bei den Laurdaliten. Eine ausführlichere Beschreibung der Glimmersyenite wird bei späterer Gelegenheit in Verbindung mit der Bearbeitung der Gesteine der Laurvikitreihe geliefert werden.

² Über die Pulaskite des Kristianiagebietes siehe ferner unten bei der Beschreibung der Hedrumite. Eine ausführlichere Bearbeitung der Pulaskite wird in einem späteren Theil dieser Publikationsreihe geliefert werden.

	<i>Laurdalit;</i> N. v Löve.	<i>Glimmersyenit;</i> Rydningen, Hedrum.	<i>Pulaskit;</i> Tuft, Lougenthal.
SiO ₂	54.55	55.18	58.00
TiO ₂	1.40	2.38	0.85
Al ₂ O ₃	19.07	17.44	16.91
Fe ₂ O ₃	2.41	5.56	3.29
FeO	3.12	1.36	3.74
MnO	0.17	—	0.80
MgO	1.98	0.27	1.96
CaO	3.15	5.10	3.60
Na ₂ O	7.67	6.83	5.14
K ₂ O	4.84	5.48	5.20
H ₂ O	0.72	0.88	0.60
P ₂ O ₅	0.74	Nicht best.	Nicht best.
	99.82	100.48	100.09

Die Glimmersyenitanalyse (von *G. Paikull*) wurde früher (in Zeitschr. f. Kryst. B. 16, I P. 31), die Pulaskitanalyse (von *L. Schmelck*) ebenfalls früher (Eruptivgest. d. Kristianiageb. II, P. 33) von mir publicirt;¹ von den Pulaskiten in Hedrum und am Farrissee, welche durchschnittlich unzweifelhaft viel ärmer an dunklen Mineralien sind, liegen bis jetzt keine Analysen vor.

So gering auch die Differenzen der oben angeführten Analysen sind, so markiren sie sehr bedeutende Differenzen in der mineralogischen Zusammensetzung der Laurdalite auf der einen und der Glimmersyenite und Pulaskite auf der anderen Seite. Bei den Glimmersyeniten bedingt der geringere Na₂O- und der grössere CaO-Gehalt die Bildung von Feldspath der Plagioklasreihe neben Alkalifeldspath und Fehlen des Nephelins, während der grössere Gehalt an Fe-Oxyden und TiO₂ ein Vorherrschen des Lepidomelans unter den dunklen Mineralien bedingt; bei dem Pulaskit ist ebenfalls gewiss durch den geringeren Alkaligehalt das Fehlen des Nephelins zu erklären. Aber gross sind die Differenzen nicht, weder zwischen den chemischen Mischungen dieser Gesteine noch zwischen denselben und der Zusammensetzung des Laurdalits. Alle diese Gesteine, die Laurvikite, die Glimmersyenite und die Pulaskite, wie die Laurdalite sind deshalb petrographisch (und chemisch), wie ge-

¹ In der früheren Publication wurde das Gestein als Akerit angeführt; siehe hierüber unten bei «Hedrumite».

netisch, unzweifelhaft nahe verknüpfte Gesteinstypen, obwohl sie dennoch auf der anderen Seite nicht ohne eine ausgesprochene geologische Selbständigkeit auftreten.

Was nun **die geologische Selbständigkeit des Laurdalits** betrifft, ergibt sich diese schon aus seiner scharfen Umgrenzung. Obwohl die unmittelbare Grenze in der Regel nicht beobachtet werden konnte, da dieselbe überdeckt ist, ist es aus den Beobachtungen längs der Grenzzone im Allgemeinen nicht zweifelhaft, dass dieselbe durchgehends scharf ist. Trotzdem wage ich keine allzu bestimmte Auffassung über die näheren Beziehungen des Laurdalits zu den umgebenden Gesteinen auszusprechen, da die Verhältnisse längs der Grenzzone — abgesehen von der scharfen Grenze selbst — wenig Aufklärung bieten.

Bei Ono am Farrissee ist die unmittelbare Grenze bedeckt; im innersten Theil der kleinen Bucht von Ono, bei der Landungsbrücke, ist jedoch der Abstand zwischen dem Laurdalit auf der N.-Seite und dem Laurvikit an der S.-Seite nur ca. 8 Meter; der Laurvikit ist ein absolut frisches, typisches Gestein mit der gewöhnlichen Structur und Zusammensetzung von blaugrauer Farbe, mit dem häufigen, hellblauen Farbenspiel, mit dem gewöhnlichen nur mikroskopisch nachweisbaren, verschwindendem Gehalt an Nephelin etc., und setzt mit dieser Beschaffenheit ohne Unterbrechung fort bis nach Laurvik. Der Laurdalit ist ebenso typisch, grobkörnig, mit sehr reichlichem Nephelingeht etc. Auf der 50—60° gegen Süd fallenden Wand desselben gegenüber der Brücke haften noch dünne Schalen von Laurvikit, und weiter W., beim Auslauf des Sunds zwischen der Onoinsel und dem Festland, besteht der niedrige Fuss des Festlandes noch aus Laurvikit, während die höheren Felsen aus Laurdalit bestehen. Gänge des einen Gesteins im anderen konnten aber nicht entdeckt werden; ebenso wenig konnte ich Bruchstücke des einen im anderen entdecken. Bemerkenswerth ist, dass der Laurvikit parallel mit der Grenze eine gestreifte Structur, mit abwechselnd hellerem und dunklerem Gestein aufweist. Und was noch bemerkenswerther ist, *weder der Laurvikit noch der Laurdalit zeigen die geringste Spur einer Contactmetamorphose.*

Auf der Strecke zwischen Ono und dem Lougenthal bei Lunde ist die Grenze, so viel ich gesehen habe, überall überdeckt, obwohl auch bei Lunde der Abstand zwischen dem typischen Laurdalit und dem typi-

schen Laurvikit nur wenige (kaum 15) Meter beträgt. Die Grenze läuft hier ungefähr NS. beiderseits eines kleinen Bachthales westlich von den südlichsten Häusern des Hofes N. Lunde. Auch hier sind auf der einen Seite hohe glatte Wände des typischen Laurdalits, auf der anderen Seite Rundhöckerfelsen mit ziemlich typischem, äusserst nephelinarmem Laurvikit.

Auch auf Björnö ist die unmittelbare Grenze überdeckt; wie gewöhnlich bildet der Laurdalit rasch aufsteigende höhere Felsen, während das flache Vorland auf der Südwestseite der Insel aus (stark zersetztem und nicht typischem) Laurvikit besteht. Auf der Halbinsel Næs bei Kjøse sieht man an manchen Stellen im Laurvikit eine schlierige Parallelstructur, mit abwechselnden Bändern von dunklerem und hellerem Gestein; diese Streifung verläuft in der Richtung W. 35° N. — O. 35° S., also (hier wie bei Ono) eben parallel der Richtung der Grenzlinie zwischen Laurvikit und Laurdalit auf der Insel Björnö.

Bei Pollen (NNO. von Kjøse), ein wenig W. vom Süden der Bucht dieses Namens, zwischen derselben und der Strandsbucht ist die Grenze des Laurdalits am Ufer entblösst; das Grenzgestein ist hier in einer Mächtigkeit von ein Paar Meter gestreift, zum Theil, obwohl grobkörnig, mit Andeutung porphyrischer Structur, und deutlich mit Glimmer angereichert. Da die Grenzgesteine stark zersetzt sind, liess sich nicht sicher entscheiden, wie viel von dieser ganz schmalen Grenzzone dem Laurvikit und wie viel dem Laurdalit angehört.

Auch der Grenzpunkt östlich von der Lövåinsel (am Farrissee) ist beinahe vollständig bedeckt, obwohl sowohl hier als östlich von Sagbakken zwischen dem Laurdalit und dem hier angrenzenden rothen Pulaskit nur wenige Meter Abstand ist; auch hier wurden keine Gänge oder Bruchstücke des einen Gesteins im anderen, ebenso wenig wie eine Contactmetamorphose entdeckt.

Bei Gjona Pferdestation im Lougenthal findet man in der kleinen Höhe östlich von der Landstrasse, unten am Wege, Laurdalit vom Lien-Typus (mit eingeschlossenen Schollen des Haupttypus), etwas höher hinauf Glimmersyenit (aus der Pulaskitreihe); die unmittelbare Grenze ist aber überdeckt. Auch bei Midtre Bjerke im Lougenthal finden sich dieselben Verhältnisse. Zwischen Löve und Lunde im Lougenthal scheidet der Lougenfluss zwischen Laurdalit der Westseite und Glimmersyenit und Pulaskit der Ostseite des Thales.

Fassen wir diese Beobachtungen über die Grenzverhältnisse des Laurdalits zusammen, so ergibt sich also Folgendes:

Im Süden (zwischen Lunde im Lougenthal und Pollen in Kjøse am Farrissee) grenzt der Laurdalit an Laurvikit, von demselben in einem

grossen Bogen umschlossen. Längs der Westseite (zwischen der Grenze am Farrissee, östlich von der Lövåinsel, und dem Westabhang von Jordstöp) sowie längs der NO.-Grenze (zwischen Kvelle über Gjona nach M. Bjerke) und Ostgrenze (zwischen Bjerke und Lunde) ist er von Pulaskit und damit nahe verwandtem Glimmersyenit umgrenzt.

Das Altersverhältniss zwischen dem Laurdalit und den umgrenzenden Gesteinen lässt sich nicht ohne weiteres durch Verhältnisse wie Apophysengänge oder eingeschlossene Bruchstücke, oder feineres Korn, porphyrische Structur, Fluidalstructuren etc. längs der Grenze selbst feststellen.

Die meisten Verhältnisse deuten darauf hin, *dass der Laurvikit älter als der Laurdalit ist*. In erster Linie ist hier zu erwähnen, dass die Nephelinsyenite (Ditroite) am Langesundsfjord durchgehends jünger als der Laurvikit sind und in der ganzen Grenzzone hier denselben an unzähligen Stellen durchbrechen, auf der weiten Strecke zwischen Birkedalen und Nevlunghavn. Es ist nun in hohem Grad wahrscheinlich, *dass diese Nephelinsyenite der Grenzzone des Laurvikits und der Laurdalit nur verschiedene Faciesbildungen desselben Magmas sind*. Ebenso wie an den Inseln des Langesundsfjords die Ditroite von unzähligen Gängen von Nephelinsyenitpegmatit begleitet und mit denselben innig verbunden sind, findet man auch im Lougenthal (bei Kvelle und an anderen Stellen) dieselben Nephelinsyenitpegmatite, obwohl hier viel spärlicher, in Laurdalit und in Foyait aufsetzend.

Auch das *Ganggefolge* des Laurdalits macht es wahrscheinlich, dass dieser jünger als der Laurvikit ist; denn die zahlreichen Gänge, welche muthmaasslich als Begleiter des Laurdalits aufgefasst werden können, kommen nur zum geringen Theil innerhalb der centralen Theile des Laurdalitgebietes, dagegen in der Regel längs der Peripherie desselben vor, hier aber sowohl im Laurdalit selbst als im Laurvikit. Wenn dieser letztere jünger als der Laurdalit wäre, müsste dann angenommen werden, dass die verschiedenen unten als zum Gefolge des Laurdalits gehörig beschriebenen Ganggesteine in der That umgekehrt zur Gefolgschaft des Laurvikits gehören müssten; gegen eine solche Annahme spricht aber entschieden, dass die meisten dieser charakteristischen Gangtypen *nur* längs der Peripherie des Laurdalitgebietes auftreten und in grösserer Entfernung von dieser, in mehr abgelegenen Theilen des grossen Laurvikitgebietes, vollständig fehlen.

Ähnliche Erwägungen können theilweise auch in Bezug auf das Verhältniss des Laurdalits zu den angrenzenden Pulaskiten und Glimmersyeniten geltend gemacht werden. So werden z. B. die Glimmersyenite

und Pulaskite in Hedrum von zahlreichen Foyaitgängen durchsetzt, welche genau dieselbe Beschaffenheit besitzen, als diejenigen Foyaite, welche als mächtige Gänge den Laurdalit selbst durchsetzen; diese Foyaite müssen aller Wahrscheinlichkeit nach als wenig differenzirte Nachschübe des Laurdalitmagmas aufgefasst werden und sind auch selbst von Gängen von Tinguait, Natronminette, Heumit, Lestivarit etc. durchsetzt, welche ebenfalls als zum Laurdalitgefolge gehörend aufgefasst werden müssen. Auch mächtige Gänge von Hedrumit durchsetzen sowohl die Glimmersyenite (zwischen Högvik und Fjäre und im Fjäreås) als den Laurdalit (zwischen Heum und Jonsmyr); diese Hedrumitgänge sind mit den Foyaitgängen durch die allernächste genetische Verbindung verknüpft.

Auf der anderen Seite kann hier angeführt werden, dass die Laurvikite ebenso wie die Glimmersyenite und Pulaskite um das Laurdalitgebiet herum häufig eine parallel-bänderige, schlierige Ausbildung zeigen (die Laurvikite bei Ono, bei Pollen, bei Lunde, die Pulaskite z. B. südlich von Diamanten am Farrissee etc.) und dass die letzteren sowohl im Fjäreås mit Foyaiten und Hedrumiten, als zwischen Heum und Lysebö mit Laurdalit so innig verbunden scheinen, dass von *grösseren* Altersdifferenzen wohl kaum die Rede sein kann.

In diesen schlierigen Verband verschiedener Faciesbildungen der Pulaskite und Glimmersyenite scheint eine Anzahl der Hedrumitmassen auch einzugehen, während die mächtigen Foyaitvorkommen zum Theil eher als Faciesbildungen des Laurdalitmagmas aufgefasst werden müssen, theils als Grenzfacies, theils als Ausläufer des Laurdalitgebietes am schmalen Nordende desselben.

Die Pulaskite und Glimmersyenite beiderseits des Laurdalitgebietes, und dies selbst sind gemeinschaftlich rings herum von typischem Laurvikit umgeben; denn N. von Nordkvelle (bis ein Stück südlich von Rien) tritt Laurvikit wieder auf und dasselbe Gestein herrscht auch im südlichen Theil von Slemdal. Der grossen kreisbogenförmigen *äusseren* Umgrenzung des Laurvikitgebietes gegen W., SW., S., SO. und O. zwischen Åklungen und Tönsberg entspricht ziemlich nahe eine *innere* kreisbogenförmige Grenze desselben gegen Pulaskit, Laurdalit und Glimmersyenit ungefähr zwischen Bakke (am oberen Theil von Farris) und dem See Gogsjö (NW. von Sandefjord). Diese centrale Lage des Laurdalits mit den denselben umgebenden Pulaskiten und Glimmersyeniten scheint mir ein Verhältniss von wesentlicher Bedeutung.

Werden die gesammten Beobachtungen über die gegenseitigen Grenzverhältnisse und übrigen Beziehungen des Laurvikits, des Laurdalits,

des Pulaskits (und des Glimmersyenits) erwogen, so scheint mir die wahrscheinlichste Annahme diejenige, dass diese Gesteine aufs Innigste genetisch verbunden sein müssen *und aus einer gemeinsamen Magma-masse ausdifferenzierte Theilmagmen repräsentiren, welche nach einander aufgepresst sind*. Das Gestein, welches dabei das Hauptmagma repräsentirt, muss unbedingt der Laurvikit sein. Es dürfte wahrscheinlich sein, dass die in den centralen Theilen des Gebietes belegenen Laurdalite *nach* den Laurvikiten aufgepresst sind; diese Aufpressung müsste dann aber so bald nach dem Aufpressen des Laurvikits stattgefunden haben, dass der Laurvikit in den *inneren* Theilen, wo er mit dem Laurdalitmagma in Berührung kam, kaum noch abgekühlt gewesen sein kann; denn der Laurdalit zeigt hier keine Abkühlungsstructur längs der Grenzfläche, sein Korn ist nicht feiner und die Structur und Zusammensetzung ist in allen Beziehungen die normale. Es scheint mir sogar in Betracht der stellenweise schlierig gestreiften Grenzstructur des Laurvikits (bei Ono etc.) nicht ausgeschlossen, dass der Laurvikit hier noch *nicht völlig erstarrt* gewesen ist, als das Laurdalitmagma nachgepresst wurde, obwohl auf der anderen Seite die obere Grenzzone des Laurvikits gegen die lakkolitische Decke von Sedimenten (und Deckeneruptiven) längs der *äusseren Abkühlungsfläche* (an der Grenzzone Birkedalen—Nevlunghavn) schon zu festem Gestein erstarrt gewesen sein muss, als die Nachschübe von Nephelinsyenitmagma hier aufbrachen.¹

Auch müssen sowohl der Laurvikit als der Laurdalit zu festen Gesteinen erstarrt gewesen sein, als die letzten Nachschübe der verschiedenen, nachträglich aus dem Laurdalitmagmarest ausdifferenzierten complementären Gangmagmen auf Spalten in beiden Gesteinen längs ihrer gemeinsamen Grenzzone aufgepresst wurden.

Was die gegenseitigen Verhältnisse zwischen dem Laurvikit und dem Laurdalit einerseits und den Pulaskiten resp. Glimmersyeniten andererseits betrifft, so ist eine sichere Entscheidung ihrer Altersverhältnisse noch schwieriger; es dürfte aber nicht unwahrscheinlich sein, dass nach der Haupteruption der Laurvikite zuerst die nahe verwandten und in einander und in den Laurvikit übergehenden Glimmersyenite und Pulaskite nachgepresst worden sind, während der Laurvikit noch nicht völlig erstarrt war, und dass dann erst nachträglich auch noch das Laurdalitmagma sich zwischen dem Laurvikit und den Pulaskit-resp. Glimmersyenitmassen *ingekeilt* habe, wobei die letzteren noch im Stande waren, eine gewisse schlierige Anordnung um das Laurdalit-

¹ Kfr. meine Darstellung dieser Grenzzone in Zeitschr. f. Kryst. B. 16, I.

magma herum anzunehmen. Es lässt sich aber auf der anderen Seite nicht bestimmt widerlegen, dass wenigstens die Pulaskite am Farrissee vielleicht später als der Laurdalit aufgedrückt sind.

Wir bewegen uns hier auf unsicherem Boden; wo die Verhältnisse so schwierig zu deuten sind, konnte es nicht anders sein. Es ist schwierig sich vorzustellen, wie so gewaltige Massen sich gegen einander verschieben konnten ohne sich zu mischen, — wenn sie, wie oben angenommen, noch plastisch beweglich waren; dennoch schien es mir nach den vorliegenden Beobachtungen längs der Laurdalitgrenze noch schwieriger anzunehmen, dass das Laurdalitmagma zwischen schon festen starren Gesteinen aufgedrungen wäre. Dass sich die plastischen Massen nicht gemengt haben und auch keine lakkolitische Differentiation längs der Grenzfläche zeigen, dürfte sich wohl dadurch erklären, dass die Massen schon zähflüssig (*viscos*) gewesen sind; eine Differentiation sowohl als eine Mischung verschiedener Magmenmassen konnte nach meiner Auffassung nur in noch *dünnflüssigen* Magmen stattfinden.

So wie die geologischen Verhältnisse einerseits und die chemischen Beziehungen andererseits sich zwischen den genannten Eruptivmassen gestalten, scheint nun noch die Annahme nahe zu liegen, *dass die Laurdalite, die Glimmersyenite und die Pulaskite durch Differentiation in grösserer Tiefe aus Laurvikitmagma entstandene complementäre Theilmagmen repräsentiren*. Petrographisch wie chemisch sind ja alle diese Gesteine so nahe verwandt, dass eine genetische Verknüpfung derselben nothwendig angenommen werden muss; es ist dann bei dem jetzigen Standpunkt der Wissenschaft eine andere Erklärung kaum möglich. Wenn eine genügende Anzahl Analysen der Pulaskite (und Glimmersyenite)¹ vorlägen, würde es sich wahrscheinlich zeigen, dass eine unter Berücksichtigung der Areale der Laurdalite, Pulaskite und Glimmersyenite berechnete Durchschnittszusammensetzung derselben der mittleren Mischung der Laurvikite entsprechen würde. Der Laurvikit ist entschieden das Hauptgestein; die centrale Lage der Vorkommen der übrigen genannten Gesteinstypen innerhalb des Laurvikitgebietes steht dann in bestem Einklang mit der auch durch andere Thatfachen gestützten Auffassung, dass zuerst das undifferenzierte Hauptmagma des Laurvikits, dann nachträglich die durch Differentiation entstandenen

¹ Die oben angeführte Pulaskitanalyse stammt aus dem weit entfernten Gebiet von Tuft im Lougenthal und repräsentirt eine bei weitem eisenreichere Mischung als die herrschenden eisenarmen Pulaskite am Farris und in Hedrum. Auch repräsentirt die Analyse des Glimmersyenits von Rydningen in Hedrum eine ungewöhnlich glimmerreiche Mischung.

Theilmagmen der Glimmersyenite, der Pulaskite und der Laurdalite auf-
gepresst worden sind.

Es findet diese Auffassung der Glimmersyenite, der Pulaskite und der Laurdalite als drei verschiedener durch Differentiation des Laurvikitmagmas entstandener Theilmagmen eine Analogie in den unten ausführlicher auseinandergesetzten Erfahrungen über die Differentiationsproducte innerhalb des Ganggefolges des Laurdalits; indem ich hier der folgenden Darstellung vorgreife, soll angeführt werden, dass innerhalb der Ganggefolgschaft des Laurdalits durch die Differentiation namentlich 1) mit CaO (und gleichzeitig mit Fe-Oxyden), 2) mit Alkalien (Na_2O) angereicherte, und 3) an Fe-Mg-Ca-Oxyden relativ arme, verhältnissmässig saure Mischungen entstanden sind.

Obwohl die Differentiation bei der Entstehung der Theilmagmen der Glimmersyenite, der Laurdalite und der Pulaskite aus dem ursprünglichen Laurvikitmagma bei weitem weniger weit gegangen sein müsste, als innerhalb der Ganggefolgschaft des Laurdalits, so scheinen auch hier dieselben drei Typen vorhanden zu sein; die Glimmersyenite repräsentiren dabei die an CaO, Fe-Oxyden und TiO_2 relativ reicheren Theilmagmen, die Pulaskite die relativ saureren, an MgO, CaO und Fe-Oxyden relativ ärmeren,¹ endlich die Laurdalite die mit Alkalien (Na_2O) angereicherten Theilmagmen.

Wenn diese hypothetische Auffassung richtig wäre — ein exacter Beweis kann aus guten Gründen nicht geliefert werden —, so müsste deshalb nicht weniger die geologische Selbständigkeit der Laurvikite, der Laurdalite sowie der nahe verbundenen Pulaskite und Glimmersyenite festgehalten werden; da, wo ihre Massen jetzt liegen, zeigen sie sich durch ihre Verbreitung und ihre Grenzverhältnisse als unabhängige, selbständige geologische Körper. Die hypothetisch angenommene Differentiation kann nicht an Ort und Stelle stattgefunden haben. Da, wo sie jetzt vorhanden sind, müssen sie, jedes Gesteinsmassiv für sich, durch gesonderte Eruptionen aufgepresst sein.

Dass diese Aufpressungen hier, wie sonst im Kristianiagebiet, auf Einsenkungen umgebender Erdkrustentheile zu beziehen sind, ist eben von dieser Gegend durchaus einleuchtend, denn das ganze Laurvikitgebiet mit seinen untergeordneten centralen Massen von Laurdalit, Pulaskit und Glimmersyenit ist rings herum von Senkungsgebieten umgeben. Die prächtige bogenförmige Verwerfungslinie zwischen Åklungen

¹ Es muss wieder hervorgehoben werden, dass die oben angeführte Analyse nicht maassgebend ist; die Pulaskite am Farrissee sind ganz helle Gesteine mit oft verschwindend geringem Gehalt an dunklen Mineralien.

und Stokö habe ich in meiner Monographie über die Nephelinsyenitpegmatitgänge ziemlich ausführlich erwähnt und kann vorläufig darauf hinweisen; jedenfalls sind die späteren Senkungen längs dieser Linie von dem Aufpressen von Nephelinsyenitmagma begleitet gewesen.

Die Linie von Stokö setzt auf der Halbinsel zwischen Nevlunghavn und Helgeråen fort, indem die südlichsten Theile derselben aus stark contactmetamorphosirten Bänken der ältesten basischen Deckengesteine (Augitporphyrite, Melaphyre, Mandelsteine etc.) und der Rhombenporphyre (in Linsen mit Druckmetamorphose wie auf Stokö etc.) bestehen. Ich werde diese Grenzzone wie die ganze Grenzzone zwischen Åklungen und Nevlunghavn (Tvestenen) bei späterer Gelegenheit ausführlich beschreiben.¹ Sie bietet namentlich durch die hier auf Schritt und Tritt leicht nachweisbare ganz *lokale* Ausbildung einer ausgezeichneten Druckmetamorphose (gesteigert bis zur Bildung von reinen krystallinischen Schieferen) als eine specielle Facies einer Contactmetamorphose (Druckcontactmetamorphose) ein ganz ungewöhnliches Interesse dar.

Die zweite grosse Verwerfungslinie ist der grosse, mehrmals durch spätere Verwerfungen gebrochene Bogen von Bollærøne über Nötterø nach Kodal und von hier nach dem Lougenthal (NO. von Hvarnäs Kirche), von welchem nördlich die gewaltige Rhombenporphyrplatte in Jarlsberg eingesunken ist.² Dass endlich auch die südliche Umgrenzung des Laurvikitgebietes eine bogenförmige Verwerfungslinie, welche jetzt vom Meer bedeckt ist, repräsentirt, habe ich bei früherer Gelegenheit darzulegen versucht; die Tiefenrinne des Meeresbodens, welche der Küstenrichtung folgt, hat aller Wahrscheinlichkeit nach dieselbe Bildung wie die Tiefenrinne des Kristianiafjords.³

So bestätigt sich für das grosse Tiefengesteinsgebiet zwischen dem südlichen Theil des Kristianiafjords und des Langesundsfjords in ausgezeichneter Weise derselbe einfache Eruptionsmechanismus, den ich schon seit vielen Jahren für das ganze Kristianiagebiet und seine

¹ Was die Schollen vom Grundgebirge und von Silurschichten (Etag 4:) östlich von der Bucht bei Nevlunghavn betrifft, so sind jedenfalls die letzteren, sowie die Scholle von Silurschichten von Ubetskjär bei Helgeråen, wahrscheinlich eingesunkene Theile der ursprünglichen Lakkolithdecke, während die genannte Grundgebirgsscholle vielleicht die aufsteckende Unterlage des Lakkolithen repräsentirt.

² Einen Punkt dieser Verwerfungslinie, die Grenze zwischen Syenit und Rhombenporphyr auf Nötterø bei Tønsberg habe ich in Zeitschr. f. Kryst. B. 16, I P. 34 erwähnt.

³ Siehe meine Abhandlung: «Die Bildungsgeschichte des Kristianiafjords», Nyt Mag. f. Naturv. B. 30, Kristiania 1886.

einzelnen Theile angenommen habe.¹ Und in der Mitte der durch das Einsinken der Umgebung aufgedrückten Massen liegt mit scharfer Umgrenzung wahrscheinlich als Resultat der grossen Schlusseruption dieser Gegend das Laurdalitmassiv mit seinem Gangefolge, zu dessen Beschreibung wir jetzt übergehen wollen.

¹ Neuerdings hat sich *W. Salomon* in seiner Habilitationsschrift (Wien 1897) über die periadriatischen Tiefengesteine derselben Auffassung des Eruptionsmechanismus angeschlossen. Ich hatte auch für Tyrol dieselbe Auffassung schon ausgesprochen (Eruptivgest. d. Kristianiageb. II, P. 162).

Die Gangbegleiter des Laurdalits.

Die peripherischen Theile des Laurdalitgebietes sowie die nächsten Umgebungen desselben zeigen eine recht bedeutende Anzahl von Gängen, welche mehr oder weniger wahrscheinlich mit dem Laurdalit genetisch verbunden sein dürften; als sicheres Kriterium ist in dieser Beziehung namentlich hervorzuheben, dass eine Anzahl der Gesteine derartiger Gänge nur aus dem Laurdalitgebiete und seiner Umgebung bekannt ist.

Die besten Profile, welche diese Ganggefolgschaft entblösst haben, sind die folgenden:

1. das Profil des Lougenthales, namentlich längs der Hauptlandstrasse zwischen Lunde und Kvelle;
2. das Profil der Bahnlinie längs dem Farrissee zwischen Laurvik und Åklungen (namentlich zwischen Kjose und Åklungen);
die Profile längs der Ostseite des Farrissees und längs dem tiefen Einschnitte des Lyseböfjords, sowie längs den Inseln des Farrissees;
3. die Fortsetzung des Profils des Lyseböfjords längs der Strasse zwischen Lysebö und Gjona; sowie zwischen Sagbakken und Heum.
4. Profil längs der Strasse zwischen Kvelsvik, am Farris, und Kvelle Kirche;
5. Profile an der Ostseite des Lougenthales und längs der Strasse zwischen Sundet, am Åsrøm See, und Kodäl;
6. andere Profile längs der Landstrasse in Hedrum.

Ausserhalb dieser Profile ist auch theils in etwas grösserer Entfernung vom Laurdalitgebiet, theils auch ausserhalb der Wege, im Waldgebiet des Laurdalits, endlich auch in Geröllen, welche unzweifelhaft aus dem Laurdalitgebiet stammen, eine Anzahl Gänge nachgewiesen.

Obwohl somit im Laufe der Jahre eine bedeutende Anzahl von Gängen, welche als Begleiter des Laurdalits aufgefasst werden können, entdeckt worden sind, ist doch ganz unzweifelhaft nur ein Theil der thatsächlich vorhandenen Gänge, bei weitem nicht alle, bisher bekannt geworden, namentlich deshalb, weil das waldbedeckte Laurdalitgebiet selbst bis jetzt in dieser Beziehung nur wenig eingehend durchforscht werden konnte.

Auf der anderen Seite sind sicher nicht alle Gänge, welche im Laurdalit selbst und in seiner nächsten Umgebung auftreten, mit demselben genetisch verbunden. Diese Ausnahme gilt jedoch wahrscheinlich fast ausschliesslich den jüngsten postgranitischen basischen Gängen (Diabasen und Diabasporphyriten, Proterobasen und Proterobasporphyriten, Augitporphyriten etc.), welche, gewöhnlich in ungefähr N.—S.-Richtung alle Gesteine des Kristianiagebietes, so auch den Laurdalit und seine Gangbegleiter durchsetzen. Speciell im Profil Kjøse-Åklungen sind diese jüngsten Gänge sehr zahlreich. Nachdem ich 1892 den Reichthum an Gängen dieses Profiles entdeckt hatte, liess ich Herrn Amanuensis *C. O. B. Damm* eine systematische Einsammlung von Ganggesteinen in diesem Profil unternehmen, wodurch im Ganzen 74 Gänge beobachtet wurden; von diesen gehören wahrscheinlich beinahe $\frac{3}{4}$ zu den jüngsten basischen Gängen, welche Nichts mit dem Laurdalit zu schaffen haben.

Eine andere Schwierigkeit betreffend die Frage, welche von den Gängen dieser Gegend auf den Laurdalit zu beziehen sind und welche nicht, liegt natürlich in dem Umstand, dass es, so lange das Altersverhältniss zwischen dem Laurvikit und dem Pulaskit einerseits und dem Laurdalit andererseits nicht absolut sicher festgestellt ist, kein sicheres Kriterium giebt, durch welches es endgültig entschieden werden könnte, ob einzelne der unten zum Gangfolge des Laurdalits gerechneten Gänge vielleicht eher zur Gefolgschaft des Laurvikits oder des Pulaskits zu zählen wären.

Praktisch spielt diese Schwierigkeit jedoch bei näherer Betrachtung kaum eine so grosse Rolle, wie es zuerst scheinen könnte. Denn die ganz überwiegende Mehrzahl der Gänge dieser Gegend kommt entweder selbst längs der Peripherie des Laurdalitgebietes (in diesem selbst oder im anstossenden Gestein) vor und macht schon dadurch eine Beziehung zum Laurdalit wahrscheinlich, oder es sind Gänge von Typen, welche längs der Peripherie des Laurdalitgebietes selbst wiederkehren.

Innerhalb der centralen Theile des Laurdalitgebietes kommen in der That nur ganz wenige Gänge vor; so habe ich längs Sunden zwischen

den Laurdalitinseln des Farris, längs dem Grøtffjord und dem Lysebøfjord und seiner Fortsetzung, zusammen kaum 10 Gänge beobachtet, während allein längs der Bahnlinie zwischen Vardeberget und Eikenæs (abgesehen von den zahlreichen, unzweifelhaft viel jüngeren Diabasgängen) wenigstens 20 Gänge auftreten, welche mit grösster Wahrscheinlichkeit auf den Laurdalit bezogen werden müssen. Ähnlich gestalten sich die Verhältnisse im Lougenthal.

Die unten nach kritischer Revision zum Gefolge des Laurdalits gerechneten Typen dürften demnach nicht nur alle oder fast alle dem Gefolge des Laurdalits angehören, sondern dieselben dürften auch aller Wahrscheinlichkeit nach bei weitem die grosse Mehrzahl der *Typen* repräsentiren, welche überhaupt auf den Laurdalit bezogen werden können.

Die *Richtung* der Gänge, welche als Begleiter des Laurdalits aufgefasst werden dürfen, ist keine bestimmte; es finden sich Gänge in ungefähr W.-O.-Richtung wie in N.-S.-Richtung. Doch ist es auffallend, dass bei weitem die meisten Gänge in Richtungen streichen, welche um N.-S. liegen (zwischen NW.-SO. und NO.-SW.) und meistens nahe mit dieser Richtung zusammenfallen, während Gänge in um W.-O. belegenen Richtungen nur ganz ausnahmsweise vorkommen. Die Hauptbegrenzungsrichtung des Laurdalitgebietes im Lougenthal (zwischen Lunde und Kvelle) und am Farrissee (zwischen Vardeberget und Borug) ist nun eine ungefähr NNW.-SSO.-liche; es scheinen deshalb die Gangspalten einen entschieden peripherischen, nicht einen radialen Verlauf zu haben.¹

Die *Mächtigkeit* der Gänge ist sehr verschieden; es ist offenbar, dass die Gesteinsbeschaffenheit hier gewisse Beziehungen zu der Gangmächtigkeit zeigt. So sind die dunklen basischen Gänge (Camptonite, Proterobase, Farrisite, Vogesite, Kersantite, Heumite, Natronminetten) ebenso die Sölvbergitgänge, die Tinguaitgänge, die Gänge von Bostonit und Lestiwarit alle gewöhnlich wenig mächtig, am häufigsten nur $\frac{1}{2}$ bis 2 Meter; 10 Meter mächtige Gänge finden sich zwar von Natronminetten (Hagtvet), Sölvbergit (169.6 Km von Kristiania, im Profil Kjøse-Åklungen), Bostonit, aber sie sind Ausnahmen. Dagegen sind bei den bei weitem weniger differenzirten Ganggesteinen, den Nephelinrhombenporphyren, den Hedrumiten, den Foyaiten, viel mäch-

¹ Die interessanten und lehrreichen Betrachtungen, welche *L. V. Fjærsson* über «complementary rocks and radial dikes» publicirt hat (Amer. Journ. of sc. Vol. L, 1895, P. 110), können somit nicht auf das Laurdalitgebiet, was aber ein echtes Tiefengesteinsgebiet ist, angewandt werden.

tigere Gänge (bis 50, ja 100 Meter und mehr) allgemein verbreitet; die Masse des Ditroits von Bratholmen ist so mächtig, dass sie kaum mehr als eine Gangmasse bezeichnet werden kann.

Da nun die Foyaite durchweg von den weniger mächtigen Gängen von Natronminetten etc., sowie von Bostoniten und Lestivariten durchsetzt werden, scheinen namentlich die *meisten* (kaum alle) Gänge von Foyait (und Hedrumit) *eine ältere Phase von Nachschüben* oder sogar eine Grenzfacies des Laurdalits selbst zu repräsentiren, also eine Eruptionsphase, während welcher noch grössere Massen von Magma nachgepresst wurden; *die mehr differenzirten Gangtypen repräsentiren dagegen wahrscheinlich in allen Fällen spätere, jüngere Nachschübe*, bei welchen nicht nur die Differentiation weiter fortgeschritten war, sondern auch die transportirten Massen nur relativ unbedeutende Reste ausmachten. Es ist dies ein wichtiges Verhältniss, welches auch bei der späteren Ableitung der Ganggesteine aus dem Hauptmagma berücksichtigt werden muss. Doch muss sofort bemerkt werden, dass eine scharfe Grenze zwischen den älteren und jüngeren Nachschüben nicht gezogen werden kann, da z. B. zwischen den Tinguaiten und den grobkörnigen mächtigen Foyaiten alle Übergänge vorzukommen scheinen, und gewiss ältere und jüngere Foyaite vorkommen, wobei auch daran erinnert werden muss, dass auch die Foyaite keine aschisten Gangmagmen repräsentiren.

Die nach meiner Auffassung zum Ganggeföge des Laurdalits gehörenden Gangtypen sollen nun unten in folgender Reihenfolge näher erwähnt werden:

Cäamptonite und Proterobase;
Monchiquite;
Farrisite;
Kersantite (Bronzitkersantit, Hornblendekersantit);
Vogesite;
Heumite;
Natronminetten;
Sölvbergite und Tinguait;
Nephelinrhombenporphyre;
Nephelinporphyre;
Ditroite und Foyaite;
Hedrumite;
Bostonite;
Lestivarite.

Unter diesen Gangtypen giebt es einige, welche Gesteinsgänge umfassen, die wahrscheinlich nicht alle als Begleiter des Laurdalits auf-

gefasst werden können; dies gilt namentlich von den Hedrumiten, welche zum Theil gewiss dem Gangfolge des Laurdalits, zum Theil aber aller Wahrscheinlichkeit nach auch dem Gangfolge der Pulaskite angehören oder als vikariirende Facies der Pulaskite aufgefasst werden müssen.

Umgekehrt hätten in dem obigen Verzeichniss noch die *Nephelinsyenitpegmatite* aufgeführt sein sollen; da diese aber im unmittelbaren Gefolge des Laurdalits nur eine ganz geringe Rolle spielen (es finden sich einige wenig mächtige Gänge im Lougenthal, namentlich in den Foyaitgängen) und ihre chemische Mischung nicht sicher festgestellt werden kann, sind sie hier ganz unberücksichtigt gelassen.

Camptonite und Proterobase.

Unter den Ganggesteinen, welche die Grenzzone der Laurdalite be-
gleiten, befindet sich auch eine Anzahl von Camptoniten und camptoni-
tischen Typen.

Im Lougenthal habe ich keine hierher gehörigen Gänge beobachtet;
dagegen finden sich mehrere derartige, gewöhnlich N.—S. streichende
Gänge östlich vom Laurdalitmassiv in Hedrum, so ein grosser Gang
an der Westseite des südlichen Endes des grossen Sees «Gogsjö»,
nördlich von Sandefjord. Westlich vom Laurdalitmassiv findet sich eine
Reihe von Gängen an der Bahnlinie zwischen Kjøse und Åklungen,
westlich vom See Farrisvand.

Als Typus dieser Gesteine soll zuerst das Gestein aus einem Gang
in Laurvikit von dem zuletzt genannten Profil, ungefähr 5 Kilometer
von Kjøse Station (genau 173.7 Kilometer von Kristiania) erwähnt werden.
Das Gestein ist schwarz, mit deutlichem violettbraunem Anstrich, sehr
feinkörnig, fast dicht; makroskopisch sieht man nur undeutlich vereinzelte,
ganz kleine schwarze Einsprenglinge in der Grundmasse herumgestreut.

Unter dem Mikroskop erkennt man folgende Zusammensetzung:
Plagioklas, braune *barkevikitische Hornblende*, beide ungefähr in gleicher
Menge, zusammen mehr als $\frac{4}{5}$ der Gesteinsmischung ausmachend; dann
als Einsprenglinge ziemlich zahlreiche Pseudomorphosen nach *Olivin*,
sowie spärlicher relativ unzersetzte Einsprenglinge von *Pyroxen*; als
Übergemengtheile zahlreiche kleine Oktaëderchen von *Magnetit* und
unzählige winzige Nadelchen von *Apatit*, Spuren von *Schwefelkies* und
Titanit.

Die *Olivineinsprenglinge* sind durchgehends vollständig zersetzt; ihre
Form ist zum Theil ausgezeichnet erhalten (wie gewöhnlich mit (021)
herrschend am Ende), während andere Körner offenbar vor der Zersetzung

durch Resorbtion abgerundet gewesen sind; oft liegen mehrere zusammen gehäuft. Ihre Grösse übersteigt selten 1 bis 2 mm. Länge. Die Zersetzung ist immer so weit vorgeschritten, dass keine Spur von Olivinsubstanz übrig ist; die Pseudomorphosen bestehen theils aus verworren fasrigem Serpentin, mit Maschennetz von Magnetitstaub und dünner Randzone von Magnetit, theils aus Carbonaten, ebenfalls oft mit Maschennetz von Magnetit oder (hier noch öfter als bei den aus Serpentin bestehenden Pseudomorphosen) häufig aus rothen Eisenglanzhäuten. Viele Pseudomorphosen bestehen allein aus Serpentin (und Eisenerz), oder allein aus Carbonat (und Eisenerz), andere aus beiden, dann aber nicht innig gemengt, sondern so, dass durch Eisenerz abgegrenzte Maschenfelder entweder aus dem einen oder dem anderen bestehen.

Die Olivinpseudomorphosen schliessen vereinzelt kleine Oktaëderchen von früher gebildetem Magnetit ein, dagegen keine der unzähligen Nadelchen von Apatit, welche ringsum das Gestein auffüllen; diese wären demnach wahrscheinlich *nach* den ursprünglichen Olivineinsprenglingen gebildet.

Der *Pyroxen* scheint nur Einsprenglinge zu bilden; diese erreichen bisweilen eine Grösse von 2 bis 3 mm., sie sind kaum je deutlich idiomorph begrenzt, da sie randlich fast durchgehend metamorphosirt sind. Die Kerntheile sind oft sehr frisch und zeigen dann mit ihrem deutlichen Pleochroismus und ihrer violetten Farbe die Eigenschaften eines titanreichen Augits. Bei der Zersetzung ist gebildet grüner *Chlorit* (oft parallelblättrig, auch verworren schuppig, zum Theil beinahe isotrop, zum Theil auch mit deutlicher Doppelbrechung), sowie auch reichlich winzige gelbe *Anataskryställchen*, welche haufenweise, oder in Reihen geordnet, oft massenhaft im Chlorit zerstreut liegen, und endlich spärlich Kalkspath. Die Grenze zwischen den zersetzten Randtheilen und den frischen Kernen ist immer sehr scharf, und diese letzteren gewöhnlich sehr frisch und rein, ohne alle Einschlüsse. Mehrere der Pyroxeneinsprenglinge zeigen eine deutliche Stundenglasstructur.

Ein Paar der Pyroxeneinsprenglinge sind stückweise randlich mit brauner Hornblende orientirt umwachsen, von derselben Beschaffenheit, wie die barkevikitische Hornblende, welche einen Hauptbestandtheil des Gesteins ausmacht.

Die *Hornblende* kommt sonst nur in der Grundmasse des Gesteins vor, welche dagegen umgekehrt keinen Pyroxen enthält. Dieselbe ist immer idiomorph begrenzt in langen, dünnen prismatischen Kryställchen, oft 10—20 mal länger als dick, gewöhnlich von kleinen Dimensionen, selten bis 1 mm. lang; die herrschenden Formen sind die gewöhnlichen

(110), mit Abstumpfung von (010), an den Enden sind die Krystalle gewöhnlich zugespitzt, ohne idiomorphe Begrenzung; Zwillinge nach (100) sehr häufig. Das Absorbtionsschema ist $c > b > a$ oder bisweilen $c = b > a$, wobei c tiefbraun, b etwas heller braun, a hell gelb. Auslöschung in Zwillingen zu ungefähr 8° , selten darüber bestimmt. Die Zusammensetzung muss eine ziemlich typische Barkevikitmischung sein.

Diese Barkevikitnadeln liegen in unzähliger Menge in allen Richtungen durch einander, wenigstens $\frac{1}{3}$ des Gesteins ausmachend. Ihre Substanz ist in der Regel sehr frisch, von Einschlüssen enthalten sie spärlich Magnetitoktaëderchen und Apatitnadeln. Viele der Hornblende-krystalle sind jedoch auch durch und durch oder theilweise zersetzt, wobei als Zersetzungsproduct grüner Chlorit auftritt, reichlich aufgefüllt von denselben winzigen Anataskryställchen, welche auch bei der Pyroxenumwandlung gebildet wurden; die Zersetzung geht bis zur Bildung reiner Pseudomorphosen von Chlorit und Anatas nach Hornblende, wobei die Chloritblättchen gewöhnlich der Längenrichtung der Hornblendeprismen parallel angeordnet sind. In geringer Ausdehnung scheint statt Anatas Rutil in feinen Nadeln gebildet, und es ist zugleich möglich, dass ein Theil der äusserst winzigen Körnchen, welche im Chlorit zerstreut liegen, dem Titanit angehören. Die Durchschnitte dieser Pseudomorphosen zeigen, wenn die ursprüngliche Krystallbegrenzung erhalten ist, immer Hornblendeform; ob einige derselben und zwar diejenigen, welche keine bestimmbare äussere Begrenzung zeigen, von zersetztem Pyroxen herrühren, konnte nicht entschieden werden, doch liegt kein Grund vor, ein früheres Vorhandensein von Pyroxen in der Grundmasse anzunehmen.

Der helle Untergrund der Dünnschliffe dieses Gesteins wird von *Plagioklas* eingenommen; er bildet ziemlich grosse breite, nicht regelmässig begrenzte Tafeln, und ist deutlich nach der Hornblende als letzte Bildung abgesetzt. Er ist, nach den Auslöschungswinkeln der Zwillinge zu schliessen, ein basischer Andesin. Unzählige sehr kleine *Apatitnadeln*¹ durchsetzen ihn in allen Richtungen, sonst ist er zum Theil von Carbonatadern durchzogen.

Die Krystallisationsfolge des Gesteins ist: 1. Schwefelkies, Magnetit und vereinzelte kleine Titanitkrystalle (nur zwei wurden beobachtet); Olivin und titanreicher Pyroxen; 2. Magnetit, Apatit; Hornblende;

¹ Nicht alle die äusserst dünnen, sehr langen spiessförmigen Nadeln sind Apatit; ein Theil derselben, mit ganz schwachem Stich ins Grüne, scheint *Strahlstein* zu sein, was namentlich in einigen Fällen, wo sie garbenförmig aus den Enden der Barkevikitstengel fortsetzen, bewiesen scheint.

3. Apatit, Plagioklas. — Die Zersetzungsproducte sind: Serpentin, Magnetit, Eisenglanz, Kalkspath; Chlorit, Anatas (Rutil p.); Kalkspath.

Sowohl Mineralienzusammensetzung als Structur ist somit die typische der Camptonite. Dasselbe gilt auch von der chemischen Zusammensetzung, welche aus folgender Analyse hervorgeht:

Camptonit von Kilometer 173.7,
Profil Kjöse-Åklungen.

SiO ₂	44.22
TiO ₂	2.50
Al ₂ O ₃	12.73
Fe ₂ O ₃	5.68
FeO	5.18
MnO	0.45
MgO	6.98
CaO	11.57
Na ₂ O	2.12
K ₂ O	1.71
H ₂ O (Glühverlust ÷ CO ₂)	2.74
P ₂ O ₅	1.05
CO ₂	3.66
	<hr/>
	100.59

Die Analyse kann nach der durch die Untersuchung unter dem Mikroskop gefundenen Zusammensetzung berechnet werden auf:

SiO ₂	12.33	}	39.53 % Feldspath.
Al ₂ O ₃	3.50		
Na ₂ O	2.12		
	<hr/>		
	17.95	Na ₂ Al ₂ Si ₆ O ₁₆	
SiO ₂	7.30	}	39.53 % Feldspath.
Al ₂ O ₃	6.19		
CaO	3.39		
	<hr/>		
	16.88	Ca Al ₂ Si ₂ O ₈	
SiO ₂	3.01	}	39.53 % Feldspath.
Al ₂ O ₃	0.89		
K ₂ O	0.80		
	<hr/>		
	4.70	K ₂ Al ₂ Si ₆ O ₁₆	

SiO ₂	15.75
TiO ₂	1.20
Al ₂ O ₃	1.25
Fe ₂ O ₃	3.99
FeO	4.09
MnO	0.45
MgO	1.67
CaO	2.99
Na ₂ O	0.70
K ₂ O	0.91
H ₂ O	0.40

33.40 Barkevit.

SiO ₂	2.21
TiO ₂	0.23
Al ₂ O ₃	0.35
Fe ₂ O ₃	0.30
FeO	0.17
MgO	0.61
CaO	1.14

5.01 Titanpyroxen.

SiO ₂	1.42
Al ₂ O ₃	0.55
Fe ₂ O ₃	0.15
FeO	0.20
MgO	1.45
H ₂ O	0.60

4.37 Chlorit.

SiO ₂	2.20
MgO	2.05
FeO	0.20
H ₂ O	0.65

5.10 Serpentin.

Fe ₂ O ₃	1.13
FeO	0.51
TiO ₂	0.47

2.11 Titanomagnetit.

P ₂ O ₅	1.05		
CaO	1.36		
F	0.08		
	<hr/>	2.50	Apatit.
CO ₂	2.34	}	7.76 Carbonate.
CaO	2.90		
	<hr/>	5.24	Ca CO ₃
CO ₂	1.32	}	
MgO	1.20		
	<hr/>	2.52	Mg CO ₃
TiO ₂	0.60		(Anatas).

Rest der Analyse: 1.05 H₂O (Glühverlust).

Zu wenig gefunden: 0.23 CaO, 0.70 Na₂O.

Die durchschnittliche Zusammensetzung des Feldspaths auf 100 berechnet wäre:

SiO ₂	57.27
Al ₂ O ₃	26.77
CaO	8.58
Na ₂ O	5.36
K ₂ O	2.02

100.00 entsprechend einem Andesin, an der Grenze gegen Labrador.

Die Zusammensetzung des Barkevikits wäre die folgende (I), verglichen mit den Analysen des Barkevikits von Brevik nach *Plantamour* (II) und *G. Flink* (III):

	I	II	III
SiO ₂	47.15	46.57	42.27
TiO ₂	3.59	2.02	1.01
Al ₂ O ₃	3.74	3.41	6.31
Fe ₂ O ₃	11.94	} 24.38	6.62
FeO	12.24		21.72
MnO	1.34	2.07	1.13
MgO	5.00	5.88	3.02
CaO	9.00	5.91	9.68
Na ₂ O	2.09	7.79	3.14
K ₂ O	2.72	2.96	2.65
H ₂ O (& F)	1.19	—	0.48
	<hr/>	<hr/>	<hr/>
	100.00	100.99	98.63

Der Pyroxen ist auf die Zusammensetzung des Pyroxens von Sasbach, Kaiserstuhl (nach *Knop*) berechnet.

Nach dieser Berechnung der Analyse des Camptonits von Kjöse-Åklungen (173.7 Kilometer) sollte derselbe also bestehen aus:

- ca. $39\frac{1}{2}\%$ Andesin (auf der Grenze zu Labrador).
 « $33\frac{1}{2}\%$ « Barkevikit.
 « 5 « Chlorit (und Anatas), wesentlich durch Zersetzung von Hornblende gebildet.
 « 5 « Pyroxen.
 « 5 « Serpentin } wesentlich Zersetzungsprodukte
 « $7\frac{1}{2}\%$ « Carbonate } von Olivin.
 « $2\frac{1}{2}\%$ « Apatit.
 « 2 « Magnetit.

Ursprünglich hat das Gestein somit bestanden aus ungefähr:

- $39\frac{1}{2}\%$ Andesin.
 $38\frac{1}{2}\%$ « Barkevikit }
 5 « Pyroxen } ca. 56% .
 $12\frac{1}{2}\%$ « Olivin }
 $4\frac{1}{2}\%$ « Apatit und Magnetit.

Diese berechnete Zusammensetzung dürfte nur wenig verschieden von der wahren sein.

Die bis jetzt analysirten Vorkommen von Camptoniten sind alle durch niedrigen SiO_2 -Gehalt (gewöhnlich unter 44%), hohen Gehalt an TiO_2 , Fe-Oxyden, CaO, mittleren bis ziemlich hohen Gehalt an Al_2O_3 , MgO, sowie einen Alkaligehalt von gewöhnlich ca. $4\text{--}5\%$, in der Regel mit vorherrschendem Na_2O charakterisirt; sonst variiren sie innerhalb nicht ganz enger Grenzen. Zum Vergleich sollen hier nur ein Paar Analysen von typischen amerikanischen Vorkommen angeführt werden (nach *Hawes* und *Harrington*):

	Camptonit; Kjöse-Åklungen.	Camptonit; Campton Falls.	Camptonit; Montreal.
SiO_2	44.22	41.94	40.95
TiO_2	2.50	4.15	3.39
Al_2O_3	12.73	15.36	16.45
Fe_2O_3 & FeO. . .	10.86	13.16	13.47
MnO	0.45	0.25	0.33
MgO	6.98	5.01	6.10
CaO	11.57	9.47	10.53
Na_2O	2.12	5.15	4.00

	Camptonit; Kjose-Äklungen.	Camptonit; Campton Falls.	Camptonit; Montreal.
K ₂ O	1.71	0.19	1.28
P ₂ O ₅	1.05	—	0.29
H ₂ O (Glühv. -CO ₂)	2.74	3.29	} 3.84
CO ₂	3.66	2.47	
	100.59	100.44	100.63

Andere Vorkommen (namentlich auch mehrere norwegische, von Gran) stimmen durch niedrigeren Gehalt an Al₂O₃, TiO₂ und Alkalien noch bedeutend näher mit dem Vorkommen von Kjose-Äklungen überein, welches somit in allen Beziehungen als ein typisches Camptonitvorkommen angesehen werden muss.

Im Profil Kjose-Äklungen finden sich nun auch eine Anzahl anderer Camptonitgänge mit Typen, welche alle *Übergänge zu Proterobas* darstellen; einige Beispiele derselben sollen kurz erwähnt werden.

Das Gestein von dem Gang 176.3 Kilom. (von Kristiania), 1 Meter mächtig, Richtung NNO.—SSW., ist dem vorigen ziemlich ähnlich; auch hier finden sich in der feinkörnigen Grundmasse spärlich Einsprenglinge, welche sämmtlich pseudomorphosirt sind (Serpentin und Eisenerz, oder Carbonate nach Olivin, dann auch Pseudomorphosen nach Pyroxen, und wie es scheint auch Pseudomorphosen von Chlorit, Kalkspath und Titanverbindungen nach Hornblende). Die Grundmasse ist reicher an Magnetit als im oben genannten Gestein; ausserdem ist der Plagioklas hier in langen dünnen Tafeln ausgebildet und die braune Hornblende ist in manchen Fällen weniger idiomorph, mehr kurzstengelig und oft deutlich *nach* dem Plagioklas gebildet, die eckigen Zwischenräume zwischen seinen divergentstrahligen Tafeln einnehmend, dadurch einen Übergang in die Proterobasstructur einleitend. Übrigens werden die eckigen Räume zwischen den Plagioklastafeln zum grossen Theil von Chlorit eingenommen. Ob Pyroxen in der Grundmasse vorhanden ist, scheint auch hier zweifelhaft; das Gestein ist wie im vorigen Falle ungewöhnlich reich an langen, dünnen Apatitnadeln. Auch die Zersetzungserscheinungen sind dieselben.

Bei diesem Gestein ist somit der Plagioklas und der Barkevikit theilweise deutlich gleichzeitig auskrystallisirt, die Barkevikitbildung hat vor der Plagioklasbildung angefangen und auch noch nach derselben fortgesetzt.

Das Gestein aus dem Gang 175.05 Kilom. von Kristiania, im Profil Kjose-Äklungen (1 Meter mächtig, Richtung NNW.—SSO.) zeigt noch

grössere Annäherung an einen proterobasartigen Typus. Die Olivin-pseudomorphosen (in Serpentin und Carbonate) sind noch recht zahlreich, ausserdem sind unregelmässig begrenzte, zusammengehäufte Pyroxen-einsprenglinge (in Dünnschliff fast farblos, kaum mehr titanreich, doch noch mit Stundenglasstructur) noch vorhanden. In der Grundmasse ist das Eisenerz bei weitem spärlicher und sicher zum Theil Titaneisenerz (ziemlich viel Schwefelkies ist auch da); dieselbe besteht aus ganz kleinen Plagioklastafeln, deren Zwischenräume theils von brauner Hornblende, theils von farblosem Pyroxen, welcher in diesem Gestein reichlich vorhanden ist, dann auch von Chlorit und Kalkspath eingenommen wird. Der Pyroxen bildet unregelmässige Körnchen, öfters in der braunen Hornblende eingewachsen; diese ist bei weitem grobkörniger als der Plagioklas und zeigt nur relativ selten deutlich idiomorphe Form, ist nicht mehr prismatisch ausgezogen, sondern in kürzeren, dickeren, vielfach von den zersetzten Plagioklastafeln zerschnittenen Körnern ausgebildet. Kurz die Structur ist mehr eine Proterobasstructur als diejenige der Camptonite.

Ganz ausgesprochene Proterobasstructur zeigen die Gänge an den Kilometertafeln 174.92 (2.5 Meter mächtig, ONO.—WSW.), 176.24 (0.8 M. mächt., ONO.—WSW.) und 174.4 (2.5 M. mächt., NNO.—SSW.), (von Kristiania gerechnet) des Profils an der Bahnstrecke Kjøse-Åklungen; sie sind in der angeführten Reihenfolge stetig ärmer an Hornblende, reicher an Plagioklas und Pyroxen (gewöhnlich stark zersetzt) in der Grundmasse, und die Structur ist schliesslich typische Proterobasstructur.

Ich muss jedoch hier bemerken, dass das zuletzt erwähnte Gestein (174.4 Kilom.) mit seiner mehr grobkörnigen Structur, mit stark hervortretender Epidotisirung etc. vielleicht nicht, oder sogar wahrscheinlich nicht der eben beschriebenen Gesteinsreihe angehört, sondern mit den jüngsten (postgranitischen) Eruptivgängen des Kristianiagebietes zusammenzustellen ist, indem es den Proterobasen vom Typus des Ganges bei Skinka auf Hovedö¹ bei Kristiania vollständig ähnlich, und von den letzten Gliedern der eben beschriebenen Reihe recht verschieden ist.

Dagegen dürften die übrigen oben erwähnten und eine Anzahl anderer Gänge, welche gegenseitig alle Übergänge zwischen typischem Camptonit und Proterobas zeigen, aller Wahrscheinlichkeit nach sämmtlich als der Ganggefolgschaft des Laurdalits angehörig angesehen werden können. Sie treten in Begleitung von Sölvbergiten und anderen Gängen

¹ Cfr. W. C. Brögger: «Die silur. Etagen 2 & 3, P. 313 (1882); «Spaltenverwerfungen in der Gegend Langesund—Skien», *Nyt Mag. f. Naturv. B.* 28, P. 379—81 (1884).
H. Reusch, *Nyt Mag. f. Naturv. B.* 28, P. 147.

der Laurdalitgefolgschaft eben längs der Grenze des Laurdalitmassives auf, wobei auch erinnert werden muss, dass auch die meisten früher aus anderen, namentlich aus den typischen amerikanischen Vorkommen beschriebenen Camptonite ebenfalls als Begleiter von Nephelinsyeniten angesehen worden sind, obwohl diese Auffassung in manchen Fällen nicht als bewiesen angesehen werden kann.

Von derartigen Camptonitgängen und Proterobasgängen, welche ziemlich sicher als Begleiter des Laurdalits aufzufassen sind, findet sich nun — ausser den erwähnten Gängen von der Bahnstrecke Kjöse-Åklungen und von Hedrum (Gogsjö etc.), welche, als Laurvikit durchsetzend, sicher vom Alter der Laurdalite sein können, — noch eine ziemlich grosse Anzahl von gleichartig zusammengesetzten Gängen ausserhalb der Grenze des Laurvikit-Laurdalitgebietes, in silurischen Ablagerungen aufsetzend, so z. B. an der Bucht am Hofe Herö auf Herö, südlich von Porsgrund.¹ Es ist wahrscheinlich, dass auch diese Gänge zum Theil zur Gefolgschaft des Laurdalits gehören, obwohl hier kein Beweis dafür geliefert werden kann.

Es ist aber auf der anderen Seite sicher, dass die *Camptonite* des Kristianiagebietes in der Regel *nicht* zur Gefolgschaft von Nephelinsyeniten gehören, sondern älter als alle nephelinsyenitischen Eruptionen sind, indem eben die zahlreichsten und am meisten typischen Vorkommen von Camptoniten sonst im Kristianiagebiete zur Gefolgschaft der Gabbro-diabase (Essexite) gehören.

Rosenbusch hat (Mikrosk. Phys. d. mass. Gest. B. II, 3. Aufl. P. 471 u. m. St.; 1896) bezweifelt, dass die Camptonite von Gran zur Gefolgschaft der Essexite ebendasselbst gehören, und dass sie Spaltungsproducte des Essexitmagmas seien.² Obwohl ich erst an anderer Stelle, in einer ausführlicheren Bearbeitung der ältesten basischen Eruptivgesteine des Kristianiagebietes, die Richtigkeit meiner Behauptung in Einzelheiten beweisen kann, finde ich es auch schon hier nöthig, vorläufig darzulegen, dass der nur aus einer theoretischen Auffassung hergeleitete Zweifel von *Rosenbusch* vollkommen unberechtigt ist, — indem die betreffende Frage überhaupt als eine Hauptfrage für die richtige Deutung der Differentiationserscheinungen im Allgemeinen angesehen werden muss.

Nach der vorliegenden Litteratur über Camptonite zu urtheilen, ist bis jetzt kein Gebiet in der Welt bekannt, welches so reich an Camptoniten

¹ Ich habe diese Gänge früher erwähnt in *Nyt Mag. f. Naturv.* B. 28, P. 379 (1884).

² L. c. «Einer solchen Auffassung kann ich mich nicht anschliessen, da Essexit und Elaeolithsyenit sich gegenseitig bedingen».

wie das Kristianiagebiet ist; ich kenne aus demselben schon jetzt mehrere Hundert Camptonitgänge und dennoch dürfte eine bei weitem grössere Anzahl unbekannt sein. Trotzdem ist aber die Verbreitung der Camptonitgänge innerhalb des Kristianiagebietes *gar nicht eine allgemeine*; im Gegentheil, dieselbe ist auf ganz bestimmte kleinere Partien desselben sehr lokal beschränkt.

In der näheren Umgegend von Kristiania selbst (in den Kirchspielen Aker, Bærum, Asker etc.), wo Hunderte und aber Hunderte von Gängen allerlei anderer Gesteine bekannt sind, ist bis jetzt kein einziger Gang von typischem Camptonit beobachtet. Und im Lougenthal und am Langesundsfjord, wo Nephelinsyenite vorkommen, sind einigermassen typische Camptonite sehr seltene Gesteine, indem nur ein Paar Gänge (im Profil KJose-Åklungen) beobachtet sind.

Abgesehen von diesen Paar Gängen finden sich aber im Kristianiagebiet Camptonitgänge in anstehendem Felsen nur an folgenden Stellen:

1. in den Kirchspielen Brandbu und Gran (und angrenzenden Kirchspielen), ca. 55 Km. NNW. von Kristiania, in der Umgebung der Essexitvorkommen von Brandberget, Sölvsberget und Viksfjeld (Buhammeren und Kjekshushougen), hier aber in Hunderten von Gängen;
2. auf Ringerike, ca. 35 Km. WNW. von Kristiania, auf den Inseln Svartö, Frognö etc. im Tyrifjord und am Festlande südlich von denselben, in der Nähe des Essexitvorkommens von Dignæs am Tyrifjord, auch hier in einer grösseren Anzahl von Gängen;
3. im Grundgebirge bei Filtvedt am Kristianfjord, ca. 35 Km. S. von Kristiania, in der unmittelbaren Umgebung des 1896 entdeckten grossen Essexitgebietes von Husebykollen und Siljukollen etc.;
4. an der Inselgruppe von Tofteholmen im Kristianfjord, südlich von Filtvedt, ebenfalls nur in der unmittelbaren Umgrenzung der hier 1895 entdeckten sehr interessanten Vorkommen von Essexit.

Bei allen diesen Vorkommen kommen Essexite und Camptonite (sowie die complementären, bostonitischen Begleiter der letzteren: Mænaite — siehe unten) *überall zusammen vor*, und die Camptonite finden sich zum Theil nur in der unmittelbaren Nähe der Essexite; *dagegen finden sich an keiner dieser Stellen Nephelinsyenite*, welche im Kristianiagebiet, so viel bis jetzt bekannt, überhaupt auf den südlichsten Theil desselben beschränkt sind. Zwischen den Essexitvorkommen von Gran und den nächsten Nephelinsyenitvorkommen (des Lougenthales) ist eine Entfernung von ca. 140 Kilometer in gerader Linie.

Ist somit das geologische Vorkommen an und für sich beweisend für die Annahme, dass die Camptonite von Gran, Ringerike, bei Filtvedt etc. mit Essexiten und *nicht* mit Nephelinsyeniten in Verbindung stehen, so wird diese Schlussfolgerung noch mehr durch verschiedene andere Verhältnisse bestätigt:

Ich will hier nur erwähnen, dass *unter den Grenzfaciesbildungen* der Essexite von Brandbu und Gran, welche also unzweifelhaft Differenzationsprodukte des Essexitmagmas darstellen, auch Gesteine vorkommen, welche (bei zum Theil sehr verschiedener Mineralienzusammensetzung und Structur) infolge der Analysen *fast genau dieselbe chemische Zusammensetzung* wie die Camptonite besitzen; da auch zu den complementären Gesteinen der Camptonite: den Mäenaiten (siehe unten, unter Bostonite), ebenfalls unter den Grenzfaciesbildungen der Essexite *chemisch* entsprechende Mischungen beobachtet und analysirt sind, *ist hiermit bewiesen, dass die chemischen Mischungen der Camptonite* (und der Mäenaiten) *aus Essexitmagmen entstanden sind*, und es liegt dann absolut kein Grund vor, weshalb man nicht annehmen sollte, dass die stetig in der Begleitung der Essexite in hunderten von Gängen auftretenden Camptonite von Gran etc. in der That auch selbst aus einem Essexitmagma abgespalten sind, um so mehr als, wie gesagt, an den genannten Hauptstellen ihrer Verbreitung Nephelinsyenite ganz unbekannt sind.

Zum weiteren Beweis soll nur noch angeführt werden, dass die Camptonitgänge wie die Essexite sowohl auf Gran als auf Tofteholmen von Gängen von Rhombenporphyr durchsetzt werden, welche, wie bekannt, den Laurvikiten entsprechen; die Laurvikite sind aber, so viel bis jetzt beobachtet, aller Wahrscheinlichkeit nach durchgehends *älter* als die Nephelinsyenite des Kristianiagebietes.¹

Ich will schliesslich nur hinzufügen, dass die Essexite begleitenden Camptonite, welche eine reiche Fülle von Varietäten aufweisen, in allen Beziehungen vollkommen typische Camptonite sind, was sich unter anderem aus dem Vergleich mit den zuerst beschriebenen amerikanischen Vorkommen ergibt.

Die petrographische Beschreibung derselben muss auf die später erscheinende ausführlichere Bearbeitung aufgeschoben werden;² hier hat

¹ Es ist übrigens auch aus anderen Gegenden als dem Kristianiagebiet bekannt, dass camptonitische und monchiquitische Ganggesteine nicht immer als Begleiter von Nephelinsyeniten auftreten; die aus der Litteratur bekannten Beispiele hier näher durchzugehen, würde bei dieser Gelegenheit zu weit führen.

² Sie sind vorläufig erwähnt in meiner kleinen Abhandlung: «The basic eruptive rocks of Gran», Quart. Journ. of the geol. soc. 1894, P. 23 ff.; hier sind auch zwei der in der folgenden Tabelle angeführten Analysen (Mæna und Egge) früher publicirt.

ihre *chemische* Zusammensetzung zum Vergleich mit dem Camptonit (des Ganggefolges des Nephelinsyenites) von Kjöse-Åklungen mehr Interesse, weshalb einige Analysen derselben hier ohne nähere Berechnung vorläufig publicirt werden sollen.¹

	Camptonit; Kjöse- Åklungen.	Camptonit; Mæna, Gran.	Camptonit; Egge, Gran.	Camptonit; Hougen, Gran.	Camptonit; Hvinden, Gran.
SiO ₂	44.22	40.60	42.05	41.40	45.55
TiO ₂	2.50	4.20	5.60	2.75	4.45
Al ₂ O ₃	12.73	12.55	12.30	13.28	15.40
Fe ₂ O ₃	5.68	5.47	3.81	6.54	2.43
FeO	5.18	9.52	9.52	8.63	9.12
MnO	0.45	—	—	—	—
MgO	6.98	8.96	4.83	5.26	5.20
CaO	11.57	10.80	11.55	10.05	7.70
Na ₂ O	2.12	2.54	2.18	2.43	4.54
K ₂ O	1.71	1.19	1.11	0.75	2.04
H ₂ O (Glühv. ÷ CO ₂)	2.74	2.28	2.88	3.17	2.35
P ₂ O ₅	1.05	—	—	—	—
CO ₂	3.66	2.68	2.68	4.18	2.15
	100.59	100.79	98.51	98.44	100.93

Wie man sieht, ist die chemische Zusammensetzung der aus Nephelinsyenitmagmen und der aus Essexitmagmen abgespalteten Camptonite ganz nahe übereinstimmend, was auch von der mineralogischen Zusammensetzung und der Structur gilt.

Es ist dies Verhältniss von nicht geringem Interesse für das Studium der Differentiation der Eruptivmagmen, insofern als wir in dieser Thatsache einen Beweis dafür haben, dass Gesteine von genau derselben chemischen (und mineralogischen) Zusammensetzung durch Abspalten aus ganz verschiedenen Stammmagmen entstanden sein können, wofür aus dem Kristianiagebiet auch eine Reihe anderer Beispiele angeführt werden können; schon bei der Besprechung des nächsten der Ganggesteine der Laurdalitgefolgschaft, des Bronzitkersantits von Hovland werden wir mit einem neuen Beispiel dieses Verhältnisses bekannt werden.

Die Reihe der laurdalitischen Camptonite und Proterobase geht durch stets stärkeres Vorherrschen des Pyroxens in echte *Diabase* über.

¹ Die Analysen der Gesteine von Hougen und von Hvinden sind neu; wie die drei übrigen im Laboratorium des Herrn L. Schmelck ausgeführt.

Da diese sich absolut nicht von den jüngsten postgranitischen Diabasen des Kristianiagebietes unterscheiden, welche in Hunderten von Gängen die nähere Umgegend von Kristiania (das Kristianiathal, ebenso wie Ringerike, Hadeland, Toten etc.) durchsetzen, lässt es sich auch nicht entscheiden, welche Rolle diese laurdalitischen Diabase überhaupt in der Gefolgschaft des Laurdalits spielen. Da derartige Diabasgänge im Lougenthal in der Nähe des Laurdalitgebietes selten sind, dürften sie keine grössere Bedeutung in der Ganggefolgschaft der Laurdalite besitzen; bei weitem die meisten Diabasgänge im Profil KJose-Åklungen dürften deshalb sicher zu den jüngsten (postgranitischen) Diabasen des Kristianiagebietes gehören und haben dann Nichts mit dem Laurdalit zu schaffen.

Monchiquite.

Am Südende der grossen Insel Björnö, im Farrissee, setzt in S.—N.-licher Richtung ein ca. 0,8 m. mächtiger Gang eines dunkelvioletten, makroskopisch dichten Gesteins im Laurdalit auf. Schon ohne Mikroskop, oder noch mehr in Dünnschliffen unter dem Mikroskop sieht man, dass das Gestein schlierig und ungleichmässig zusammengesetzt ist, indem etwas hellere und rein dunkle Streifen wechseln.

Das dunkleste Gestein ist sehr feinkörnig; es zeigt sich bei starker Vergrösserung bestehend aus ganz vorherrschendem Pyroxen in kürzeren und längeren prismatischen Krystallen, die in allen Richtungen durch einander liegen; ferner sind sehr spärlich auch kleine Tafeln eines braunen Glimmers und ein wenig Eisenerz vorhanden.

Diese Mineralien liegen eingestreut in einem farblosen Boden einer isotropen Substanz, welche nur ausnahmsweise hie und da eine äusserst schwache Doppelbrechung zeigt. Der Pyroxen ist zum grossen Theil deutlich, zum Theil recht stark violett gefärbt, ist also wohl ein titanreicher Pyroxen. Die farblose Grundmasse ist theils sehr sparsam, theils etwas reichlicher vorhanden; was dieselbe ist, ob Glas oder, was vielleicht anzunehmen wäre, Analcim, konnte ich nicht entscheiden.

Dies Gestein ist jedenfalls ein recht typischer *Monchiquit*, ziemlich nahe übereinstimmend mit dem von *Rosenbusch* und *Hunter* beschriebenen Monchiquit von Rio do Ouro, Brasilien.

In diesem Gestein finden sich nun kleine Partien von etwas mehr grobkörnigem (makroskopisch deutlich feinkörnigem) Gestein, welches in grösserem Korn ebenfalls vorherrschend aus kurzen Prismen desselben violetten Titanpyroxens besteht, neben welchem aber auch breite Leisten von Plagioklas und sparsam Nephelin als Füllmasse vorhanden sind. Vereinzelte Einsprenglinge von ganz serpentinisirtem Olivin liegen in

diesem Gemenge zerstreut. Sparsam kleine Erzkörnchen mit Titanitrand. Diese Partien, welche sich somit der Zusammensetzung gewisser *camp-tonitartigen* Gesteine (obwohl Hornblende fehlt, ist das starke Vorherrschen des Pyroxens hier bezeichnend) nähern, sind ziemlich stark zersetzt, wobei reichlich Kalkspath, Zeolithe und Chlorit, sowie aus dem Olivin Serpentin gebildet sind. Sie können wahrscheinlich als frühere mitgeführte Krystallisationen aus demselben Magma angesehen werden.

Von diesem interessanten Gestein konnte keine Analyse vorgenommen werden, da mir dazu genügend frisches Material fehlte. Es ist das einzige den *Monchiquiten* angehörige Ganggestein aus der Gefolgschaft des Laurdalits, indem die der chemischen Zusammensetzung der Monchiquite entsprechenden Gangmagmen im Laurdalitgebiet sonst als Heumite erstarrt sind.

Farrisit.

Unter den von Herrn Amanuensis *Damm* eingesammelten Gangstufen von dem Profil längs der Bahnlinie Kjöse-Åklungen befand sich ein Stück, mit Etikette: 178.88 Kilometer (von Kristiania), eines kleinen, in der Richtung NW.—SO. in Augitsyenit aufsetzenden, $\frac{1}{4}$ Meter mächtigen Ganges. Die Stufe zeigt ein makroskopisch dichtes, tief chokoladebraun gefärbtes Gestein, welches unter dem Mikroskop folgende Zusammensetzung zeigte:

Als helles Hauptmineral ein Melilith-ähnliches Mineral in kleinen Tafeln, ungefähr $\frac{1}{3}$ des Gesteinsgemenges ausmachend; von dunklen Mineralien fast ebenso reichlich brauner *Barkevikit*, und etwas weniger reichlich hellgrüner, fast farbloser *Pyroxen*, beide in unzähligen kleinen, oft gerundeten Körnchen, selten mit Andeutung idiomorpher Begrenzung; viel spärlicher, kaum 5 % ausmachend, ausserdem lappige Fetzen von rothbraunem *Biotit* (Lepidomelan?). *Olivin* findet sich in unzersetztem Zustand nicht im Gestein, aber ganz kleine Pseudomorphosen von Serpentin und einem stark pleochroitischem (tief blaugrün-hellgelbem) Chloritmineral mit Magnetitrand scheinen die Olivinform zu zeigen; sie können höchstens 1 % ausmachen. Endlich ganz wenig *Erz* (Magnetit und Eisenkies) und sparsam kleine gerundete Körnchen von *Apatit*; Spuren von Kalkspath.

Von Feldspath ist im Gestein keine Spur zu entdecken.

Die Structur ist auch unter dem Mikroskop feinkörnig; die Tafeln des erwähnten Melilith-ähnlichen Minerals sind jedoch etwas grösser, bis $\frac{3}{4}$ mm. lang, bei einer Dicke, welche gewöhnlich nur $\frac{1}{4}$ bis $\frac{1}{10}$ der Länge ausmacht. Diese Tafeln geben dem Gestein scheinbar einen porphyrtigen Charakter. Als ein weiteres Structurelement kann erwähnt werden, dass Aggregate von zahlreichen Pyroxenkörnchen mit ein wenig Eisenerz oft Ocelli in dem übrigen feinkörnigen Gesteinsgemenge bilden.

Die *Hornblende* scheint gewöhnlicher Barkevikit zu sein, mit Absorptionsfarben c ungefähr = b, braun, > a hell strohgelb; die Farben sind jedoch bei weitem weniger tief, als bei den eisenreichsten Barkevikiten; die Bauschanalyse zeigte auch, dass derselbe viel MgO enthalten muss. Auslöschungsschiefe c : c ungefähr 12—15°. — Der *Pyroxen* muss ein relativ Fe-arme sein, da er oft fast vollständig farblos ist; die schwach grüne Farbe und der grosse Auslöschungswinkel deuten auf einen Gehalt des Aegirinsilikates; einige Körner haben einen schwach violetten Anstrich, was auf TiO₂ deutet.

Ehe ich zur Diskussion der wahrscheinlichen Zusammensetzung des Melilith-ähnlichen Mineralen übergehe, soll zuerst die Bauschanalyse des Gesteins (ausgeführt im Laboratorium des Herrn L. Schmelck von Herrn O. Heidenreich) angeführt werden:

	<i>Farrisit</i> ; Kjose-Äklungen.
SiO ₂	45.77
TiO ₂	1.70
Al ₂ O ₃	16.16
Fe ₂ O ₃	3.72
FeO	6.21
MnO	Spur
MgO	7.03
CaO	9.01
Na ₂ O	6.23
K ₂ O	2.28
H ₂ O (Glühv.)	1.87
CO ₂	Spur
P ₂ O ₅	0.29
	100.27

Diese Zusammensetzung zeigt sofort, dass an einen Vergleich mit den bisher bekannten Melilith-führenden *Alnöiten* nicht zu denken ist; diese sind nämlich erstens viel ärmer an SiO₂ (sogar unter 30 %), dann bei weitem reicher an CaO und MgO (ziemlich genau doppelt so reich als das uns vorliegende Gestein), und umgekehrt viel ärmer an Alkalien (Na₂O) und Al₂O₃.¹

¹ Zum Vergleich sollen unten die Analysen der Alnöite von *St. Anne* (I) und von Alnö (II) nach F. Berwerth's Abhandlung (Ann. d. k. k. nat. Hofmus. B. X, 1895, P. 76) angeführt werden. Unter III ist die oben angeführte Analyse wiederholt.

	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	FeO	MnO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	P ₂ O ₅	H ₂ O	CO ₂	Cl	S
I	35.91	0.23	11.51	2.35	5.38	17.54	13.57	1.75	2.87	—	9.40	—	—	—
II	24.19	Spur	12.00	6.45	9.32	14.07	17.37	1.99	3.06	3.96	5.16	2.77	0.53	0.29
III	45.77	1.70	16.16	3.72	6.21	7.03	9.01	6.23	2.28	0.29	1.87	Spur	—	—

Berechnet man nun nach den wahrscheinlichen Zusammensetzungen der dunklen Mineralien mit Rücksicht auf die Schätzung ihrer Mengenverhältnisse unter dem Mikroskop die Bauschanalyse, so erhält man folgende Zahlen:

	Barkevikit	Pyroxen	Lepido- melan	Serpentin & Chlorit	Titanhalt. Magnetit; Eisenkies	Apatit	Rest
SiO ₂	14.33	12.09	1.74	0.40	—	—	17.21
TiO ₂	0.83	0.15	0.22	—	0.50	—	—
Al ₂ O ₃	3.44	0.90	0.28	0.06	—	—	11.48
Fe ₂ O ₃	2.00	0.91	0.60	—	0.21	—	—
FeO	3.66	0.97	0.95	0.16	0.47	—	—
MgO	2.38	3.86	0.35	0.44	—	—	—
CaO	3.50	5.03	0.04	—	—	0.38	0.06
Na ₂ O	1.70	0.40	0.05	—	—	—	4.08
K ₂ O	0.50	0.20	0.42	—	—	—	1.16
H ₂ O	?	—	0.18	0.13	0.15 S	0.02 F'	1.39
P ₂ O ₅	—	—	—	—	—	0.29	—
	32.34 0/0	24.51 0/0	4.83 0/0	1.19 0/0	1.33 0/0	0.68 0/0	35.38

Der Barkevikit und der Pyroxen sollte nach dieser Berechnung folgende procentische Zusammensetzungen haben:

	Barkevikit; berechnet.	Pyroxen; berechnet.
SiO ₂	44.27	49.34
TiO ₂	2.57	0.61
Al ₂ O ₃	10.63	3.67
Fe ₂ O ₃	6.32	3.71
FeO	11.27	3.95
MgO	7.35	15.75
CaO	10.80	20.53
Na ₂ O	5.25	1.64
K ₂ O	1.54	0.80
	100.00	100.00

Man vergleiche damit die gewöhnlichen Barkevikitanalysen, namentlich die Analyse *G. Flinks*; man sieht, dass nur im grösseren MgO-Gehalt ein nennenswerther Unterschied vorhanden ist, welcher oben begründet wurde. — Man vergleiche ferner von Pyroxenanalysen z. B.

die Analysen der Na_2O -haltigen Pyroxene von Lavelline und von Laurvik (Dana Min. P. 361 No. 111 & 112).

Gegen diese Berechnung lässt sich nicht viel einwenden; wenn dieselbe auch natürlich gar keine absolute Genauigkeit darbieten kann, die Hauptsache: dass der CaO -Gehalt der Bauschanalyse schon für die dunklen Mineralien eben nur ausreicht, und dass der Rest von hellen Mineralien keine nennenswerthe Menge von CaO , dagegen reichlich Alkalien und Thonerde enthalten muss, kann als festgestellt angesehen werden. Das helle Mineral kann also kein gewöhnlicher Kalkmelilith sein (selbst wenn die Menge desselben nur zu 15 % gesetzt würde, was unzweifelhaft allzu niedrig, würden 15 % gewöhnlichen Melilith schon die Hälfte der durch die Bauschanalyse gefundenen CaO -Menge erfordern; die andere Hälfte würde dann unmöglich für die nothwendig CaO -reichen dunklen Mineralien ausreichen); es fragt sich dann, was für ein Mineral vorliegt.

Das betreffende Mineral hat in allen wesentlichen Beziehungen die physikalischen Eigenschaften des Meliliths und ist dem Melilith zum Verwechseln gleich. Die langen, leistenförmigen Schnitte zeigen sich bei der frischen Substanz wasserhell, mit paralleler Auslöschung und mit (der tetragonalen c-Achse parallelen) auf die Längsrichtung der Tafeln senkrechten Spaltungsrissen; an manchen Individuen ist auch eine feine Faserung in derselben Richtung zu beobachten: die Interferenzfarbe ist für die frische Substanz im Dünnschliff sehr niedrig, doch weniger niedrig als bei echtem Melilith, gewöhnlich tief blaugrau, die Doppelbrechung kaum höher als 0.005. Auch ist die Doppelbrechung in den Vertikalschnitten sehr ungleichmässig, indem sogar fast isotrope Stellen vorkommen. Andere, seltener beobachtete Schnitte (nach (001) der Tafel) sind fast quadratisch: diese sind isotrop oder beinahe isotrop und geben in convergentem Licht ein sehr undeutliches Kreuz. Es kann demnach kaum bezweifelt werden, dass ein tetragonales Mineral vorliegt, und nach der äusseren Aehnlichkeit zu schliessen auch wohl ein Mineral der Melilithgruppe, in dünnen Tafeln, deren c-Achse die Richtung der kleinsten Elasticität ist, so dass also das Mineral zum Unterschied vom gewöhnlichen Melilith optisch *positiv* ist;¹ doch kommen im inneren Theil der Krystalle auch theils sparsam optisch negative, theils reichlicher fast isotrope Partien vor.

Einige der Tafeln sind, obwohl namentlich die Basis sehr uneben ist, ziemlich gut idiomorph begrenzt, gewöhnlich recht dünn, oft 5 bis

¹ Nach C. H. Smith (Amer. Journ. Sc. 1893, B. 46, P. 104) ist auch der Melilith im Alnöit von Mannheim, N. Y. zum grossen Theil positiv.

10 mal länger als dick; die grössere Anzahl der Körner bildet aber nur kleine allotriomorphe Zwischenklemmassen zwischen den Körnern der dunklen Mineralien.

Die grösseren Tafeln sind gewöhnlich mehr oder weniger zersetzt; diese Zersetzung scheint mit der Mikrostruktur derselben in Verbindung zu stehen. Die Längsschnitte (parallel der c-Achse) zeigen nämlich in der Regel eine sehr unregelmässige Structur zwischen gekreuzten Nikols, indem die centralen Theile häufig von langen, der Basis parallelen wurstförmigen, oft auskeilenden und oft anastomosirenden Partien von ganz isotroper Substanz aufgefüllt sind, häufig 2 bis 3 solche neben einander selbst in dünnen Tafeln. Wenn die Substanz frisch ist, lässt sich diese isotrope Substanz nicht von der doppelbrechenden Umhüllung in gewöhnlichem Licht unterscheiden; der Brechungsindex muss somit beinahe derselbe sein. Was diese isotrope, farblose Substanz ist, ob Glas(?) oder ob ein orientirtes Mineral von etwas abweichender Mischung, lässt sich nicht erkennen. Diese isotrope Substanz unterlag aber offenbar der Zersetzung sehr leicht, denn sie ist sehr häufig umgewandelt in schwach gelbgefärbte, faserige Aggregate, welche mit gelben Inferenzfarben doppelbrechend sind und parallel der Längsrichtung der Strahlen (welche Richtung meistens ungefähr parallel zur Tafelebene ist) auslöschen. Dies Umwandlungsprodukt ist ein Zeolithmineral, welches mit Natrolith zu stimmen scheint und wohl auch nach der Bauschanalyse als Natrolith angenommen werden darf. Von diesen leichter angreifbaren, isotropen Partien geht dann häufig die Zeolithumwandlung weiter und schliesslich liegen reine *Spreusteinspseudomorphosen* des Tafelminerals vor.

Die allotriomorphen Körner der Grundmasse scheinen dieser Zeolithisirung weniger leicht anheimgefallen zu sein, denn sie sind gewöhnlich grösstentheils ganz frisch; doch finden sich auch fast ganz unzersetzte grössere Tafeln, so dass alle Übergangsstadien sich verfolgen lassen.

Nach Nephelin wurde vergeblich gesucht; ich konnte dies Mineral nicht mit Sicherheit erkennen.

Versuchen wir nur nach den oben angeführten Beobachtungen den Rest der Analyse (P. 66) zu berechnen. Es ist dann erst nöthig für den durch die Zersetzung entstandenen, sehr reichlich vorhandenen muthmasslichen *Natrolith* die nöthige Menge von SiO_2 , Al_2O_3 , Na_2O und H_2O abzuziehen; ich schätzte die Menge des Natroliths auf ungefähr $\frac{1}{3}$ der Gesamtmenge von hellen Mineralien. Wird demnach abgezogen:

SiO ₂	5.04
Al ₂ O ₃	2.84
Na ₂ O	1.73
H ₂ O	0.97

10.58 Natrolith

sind noch übrig:

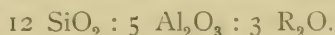
SiO ₂	12.17
Al ₂ O ₃	8.64
CaO	0.06
Na ₂ O	2.35
K ₂ O	1.16
H ₂ O (Glühv.)	0.42

Quotientzahlen

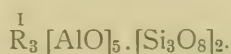
0.2028	
0.0847	
0.0011	} 0.0513
0.0379	
0.0123	
?	

24.80 %.

Die Quotientzahlen verhalten sich ziemlich genau wie



Dies entspricht keinem bekannten Mineral; die Formel könnte geschrieben werden:



Diese Verbindung könnte gewissermassen an die *Gehlenitformel* erinnern, wenn diese = $\text{R}_3 [\text{AlO}]_2 [\text{SiO}_4]_2$ angenommen wird. Die beiden Verbindungen würden einander entsprechen als homöomorphe Verbindungen der Säuren $\text{H}_4[\text{SiO}_4]$ und $\text{H}_4[\text{Si}_3\text{O}_8]$ (wie im Allgemeinen bei den Feldspäthen, den Skapolithen etc.), indem 5 Mol. des Radicals $[\text{AlO}]$ vorhanden wären, statt im Gehlenit nur 2 desselben.

Es verdient in dieser Beziehung bemerkt zu werden, dass auch in den natürlichen Melilithen der Alkaligehalt von höherem SiO₂-Gehalt begleitet scheint und dass im Humboldttilith von Monte-Somma das Verhältniss $\text{R}_2\text{O} : \text{R}_2\text{O}_3$ ziemlich genau = 3 : 5 ist.

Die reine Verbindung $\text{Na}_3 [\text{AlO}]_5 [\text{Si}_3\text{O}_8]_2$ würde bestehen aus:

50.85 SiO₂, 36.02 Al₂O₃, 13.13 Na₂O.

Obwohl es in der Natur der Sache liegt, dass die oben vorgelegten Berechnungen unsicher sein müssen, insofern, als die Zusammensetzung des betreffenden «*Natronmeliliths*» selbstverständlich gar nicht als bewiesen angesehen werden kann, so wollte ich dieselben doch nicht zurückhalten.

Da es in dem makroskopisch dichten und auch mikroskopisch feinkörnigen Gestein unmöglich war, das betreffende Mineral rein zu isoliren,

konnte man der Wahrheit nicht näher kommen. *Als höchst wahrscheinlich dürfte es angesehen werden können, dass das helle Hauptmineral des Gesteins ein tetragonales Natronthonerde-Silikat mit Melilithhabitus ist*; die genaue Zusammensetzung des Minerals muss bis auf die Erfindung besseren Materiales dahinstehen.

Das vorliegende Gestein bildet einen neuen Gesteinstypus, für welchen ich den Namen «*Farrisit*» nach dem Farris-See vorschlage. Es besteht in dem untersuchten Beispiel ungefähr aus:

ca. 35	%	eines neuen tetragonalen $\text{Na}_2\text{O} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3$ Silikates (Natronmelilithes(?), zum grossen Theil in Natrolith umgewandelt).	
« 32 $\frac{1}{2}$	«	Barkevikit	} ca. 63 %.
« 24 $\frac{1}{2}$	«	Diopsid	
« 5	«	Lepidomelan	
« 1	«	Olivin (pseudomorphosirt)	
« 1 $\frac{1}{3}$	«	Eisenerze (Magnetit, Eisenkies)	
« $\frac{2}{3}$	«	Apatit	

100.00

Das Gestein unterscheidet sich von den Alnöiten chemisch wie oben angeführt, mineralogisch durch das Vorherrschen eines Natronminerals als helles Hauptmineral, durch beinahe vollständiges Fehlen des Olivins etc. Am nächsten steht das Gestein in chemischer Beziehung den *Monchiquiten* und den unten beschriebenen *Heumiten*, indem es sich jedoch von den letzteren durch geringeren Gehalt an Fe-Oxyden und grösseren Gehalt an MgO und CaO unterscheidet, was vielleicht im Vorherrschen des Lepidomelans (statt des Pyroxens beim *Farrisit*) neben dem Barkevikit in den *Heumiten* Ausdruck findet.

Von den Kersantiten und Camptoniten der Gefolgschaft des Laurdalits unterscheidet sich der *Farrisit* wie die *Heumite* chemisch durch höheren Gehalt an Alkalien.

Die grossen Unterschiede in der Mineralienzusammensetzung aller dieser Ganggesteine, die wahrscheinlich unter ziemlich gleichartigen Bedingungen gebildet und chemisch wenig verschieden sind, zeigt zur Evidenz, wie ausserordentlich empfindlich selbst ganz geringe Differenzen in der chemischen Mischung sich geltend machen konnten. Um so mehr ist eine scharfe und enge Fixirung der chemischen Typen bei der Gesteinsunterscheidung nöthig, um die Verwandtschaftsbeziehungen derselben feststellen zu können.

Kersantite.

Bronzit-Kersantit von Hovland.

Von diesem eigenthümlichen Ganggestein kenne ich nur einen einzigen Gang, welcher überdies nicht in anstehenden Felsen beobachtet wurde, sondern in einem grossen Gerölle in der Nähe der Chaussée durch das Lougenthal, ca. 4 Kilometer von Laurvik, auf dem Felde des Hofes Hovland, gleich in der Nähe eines der Steinbrüche ebendasselbst.

Das Gerölle selbst besteht aus Laurdalit in der Varietät, welche in der Gegend von Gjonnæs herrschend ist; mitten durch dasselbe setzt ein ungefähr 25 Centimeter breiter Gang des jetzt zu beschreibenden Gesteins.

Die Farbe des Ganggesteins ist dunkel grau, und sticht dadurch stark ab von dem umgebenden, auf verwitterter Oberfläche weissen Laurdalit. Die Structur ist makroskopisch feinkörnig, jedoch nicht sehr feinkörnig; mit der Lupe beobachtet man ausser dem grauen Feldspath und braunen Glimmerschuppen auch noch schwarze Körnchen eines Pyroxenminerals auf der schimmernden Bruchfläche. Aus diesem feinkörnigen Gemenge heben sich grössere dunkelbraune Glimmertafeln von $\frac{1}{2}$ bis 2 Quadratcentimeter und noch grösserer Fläche hervor; sie liegen in allen Richtungen vertheilt, nicht sehr reichlich, ungefähr mit 2 bis 3 cm. Zwischenraum. Bei genauerer Betrachtung sieht man, dass diese Glimmertafeln gar nicht immer aus einzelnen Individuen, sondern oft aus Knauern von zahlreichen ungefähr in einer Ebene angeordneten kleineren Glimmerschuppen bestehen, verunreinigt mit anderen Mineralien; in anderen Fällen sind grössere einheitliche Glimmertafeln vorhanden, welche mit zahlreichen kleineren subparallelen Schuppen verwachsen sind, wobei auch die grösseren Glimmertafeln öfters mehrmals geknickt sind und immer poikilitisch mit anderen Mineralien, namentlich

Erzkörnchen und Apatitnadeln, aber auch mit Pyroxenkörnchen und Feldspathkörnern durchspickt sind. Diese Glimmertafeln und Glimmerschuppenhaufen bilden auf der verwitterten Oberfläche des Ganges hervorstehende strichförmige Knauer in allen Richtungen und geben dadurch dem Gestein ein sehr eigenartiges Aussehen. Es kann beiläufig bemerkt werden, dass vollkommen analoge poikilitisch durchwachsene grosse Glimmertafeln auch in den typischen Laurdaliten selbst, sowie auch in den Glimmersyeniten von Hedrum und Nevlung-havn verbreitet sind. Sie sind in diesen Gesteinen sowie auch in dem vorliegenden Ganggestein niemals idiomorph begrenzt, sondern immer unregelmässig zerfrant, und wie gesagt, häufig geknickt und zerfetzt. Sie können nicht als einer älteren Generation zugehörige Einsprenglinge aufgefasst werden, sondern sind ganz sicher gleichzeitig mit den übrigen Gesteinsmineralien gebildet, wobei das herrschende tafelförmige Wachstum der einmal gebildeten Glimmerindividuen eine stetig zunehmende Grösse in der Tafelebene verursachte, obwohl gleichzeitig durch Bewegungen der Gangmasse die Tafeln oft geknickt und ebenfalls andere gleichzeitig ausgeschiedene Mineralkörner von der wachsenden Glimmertafel poikilitisch eingeschlossen wurden.

Ich habe diese Glimmertafeln hier etwas ausführlicher erwähnt, weil sie ganz unzweideutig die nahe Verwandtschaft mit dem so häufig ähnlich struirtten Laurdalit beweisen; auch die Beschaffenheit der Ganggrenze beweist die nahe genetische Verwandtschaft beider Gesteine, indem die Grenzzone des Ganges nicht feinkörniger ist, und indem die Grenzfläche beider Gesteine keine ganz ebene Fläche, keine Diaklasfläche, ist, sondern das Ganggestein haftet an dem durchsetzten Gestein an.

Unter dem Mikroskop zeigt sich das Gestein aus folgenden Mineralien bestehend:

Feldspath, wahrscheinlich ein kalihaltiger *Plagioklas*; orthotomer Feldspath konnte nicht beobachtet werden; *Augit* und in geringerer Menge *rhombischer Pyroxen* und ganz wenig *Hornblende*; ein eisenreicher *Biotit* in den genannten grösseren poikilitischen Knauern und Tafeln, theils in kleinen Schuppen und Schuppenhaufen, namentlich auch um die Eisenerzkörnchen angehäuft; *Eisenerz*, sicher titanreich; *Apatit*.

Der *Feldspath* bildet kurze, dicke, unregelmässig begrenzte Körner, oft mit Andeutung einer dicktafeligen Begrenzung nach (010); die Hauptmasse der Körner besteht aus Plagioklas mit feiner Zwillingstreifung nach dem Albitgesetz, selten auch nach dem Periklingesetz; daneben bilden die Lamellenkomplexe häufig Karlsbaderzwillinge. Die Aus-

löschungswinkel durchgehends klein, somit wohl ein *saurer* Plagioklas vorhanden. Eine zonare Structur ist nicht zu beobachten. Der Feldspath ist durchgehends dicht bestäubt von unendlich feinen schwarzen Punkten und Strichen (Tafeln) eines undurchsichtigen Minerals; diese Pünktchen liegen wie gewöhnlich parallel (010) angeordnet. Ausserdem finden sich in vielen, aber nicht in allen Individuen und auch nicht in ihrer ganzen Ausdehnung, unzählige *Flüssigkeitseinschlüsse*, welche wohl längs Lösungsflächen nachträglich eingedrungen sind. In Schnitten senkrecht zu (010) zeichnen sie sich als feine Striche mit Richtung parallel der Normale zu (010); seltener sieht man sie auf ihrer Tafelebene als unregelmässig begrenzte, häufig anastomosirende schlauchförmige und auf allerlei Weise verzweigte flache Ausbreitungen. In Schnitten ungefähr nach (010) zeichnen sie sich als dicht gedrängte lange häufig auskeilende Striche, wahrscheinlich parallel der Trace von (100); diese Schnitte sehen Schnitten von Mikroperthit täuschend ähnlich und ich nahm dieselben zuerst auch für solche von sehr feinlamellirtem Mikroperthit, bis ich bei starker Vergrösserung beobachtete, dass die feinen strichförmigen Streifen in allen Stellungen dunkel blieben und der Zusammenhang mit den Flüssigkeitseinschlüssen sich aus anderen Schnitten ergab. Diese Flüssigkeitseinschlüsse sind wohl durch eine «Schillerisation» mittels sekundärer Lösung längs der Lösungsfläche (100) zu erklären. Ob auch die feine schwarze Bestäubung, welche dem Feldspath makroskopisch seine graue Farbe verleiht, eine sekundär gebildete Erscheinung ist, muss dahin stehen; es würde in diesem Falle jedenfalls auffällig sein, dass die Flüssigkeitseinschlüsse parallel (100), die schwarzen Pünktchen und Tafeln dagegen offenbar parallel (010) angeordnet sind.

Der Feldspath des Gesteins scheint durchgehends demselben Plagioklas angehörig; über seine wahrscheinliche chemische Zusammensetzung siehe weiter unten.

Der *Pyroxen* verhält sich unter dem Mikroskope wie ein gewöhnlicher Augit; die Farbe ist in Dünnschliffen sehr hell grün, fast farblos, der Auslöschungswinkel in schiefen Schnitten bis ca. 40^0 ; die Bauschanalyse des Gesteins zeigt, dass derselbe ziemlich reich an Thonerde sein muss. Seine Körner sind oft länglich ausgezogen nach der c-Axe, sonst unregelmässig begrenzt. Zwillinge nach (100) häufig. Auch der Augit ist oft voll von Einschlüssen, theils grösseren von Eisenerz und Glimmertäfelchen, theils auch feinen schwarzen Pünktchen, Stäben und braunen hauchdünnen Tafeln, wie der Feldspath; diese verschiedenen Einschlüsse sind bisweilen so reichlich, dass der Pyroxen dadurch eine diallagartige Beschaffenheit erhält.

Der Pyroxen ist bisweilen von hellgrüner *Hornblende* umrandet; diese in ganz geringer Menge auftretende Hornblende scheint ein magmatisches Umwandlungsproduct des Pyroxens zu sein, indem die ganz wenigen Individuen desselben einen Kern von Pyroxen in derselben Orientirung enthalten. Diese Hornblende ist nur schwach pleochroitisch c und h hell schmutzig grün, $> a$ fast farblos gelblich.

Der *rhombische Pyroxen* ist in nach der c-Axe ausgezogenen, sonst wenig idiomorphen Körnern ausgebildet; er ist fast farblos, kaum merkbar pleochroitisch mit sehr hell grünlicher, und senkrecht zur c-Axe sehr hell rötlicher Farbe. Die Interferenzfarben sind schwach, gewöhnlich grau erster Ordnung, was auf relativ geringen Eisengehalt deutet; die Berechnung der Bauschanalyse des Gesteines zeigt übereinstimmend mit den Beobachtungen unter dem Mikroskop, dass er ein *Bronzit* ist. Seine Körnchen unterscheiden sich durch Längsfaserigkeit, durch stärkeres Relief, sowie durch niedrigere Interferenzfarben (und parallele Auslöschung) von dem ziemlich gleichgefärbten Pyroxen; sie sind durchgehends von geringerer Grösse und früher gebildet. Längs Querspalten ist eine anfangende Bastitbildung bisweilen zu beobachten. Auch die Bronzitkörnchen zeigen die feinen punkt- und strichförmigen Einschlüsse des Pyroxens, obwohl öfters in geringerer Menge.

Der dunkle *Glimmer* ist ein tief brauner Glimmer, welcher aller Wahrscheinlichkeit nach ein ziemlich eisenreicher Biotit auf der Grenze gegen *Lepidomelan* sein muss; die grösseren Knauer zeigen häufig Zwillingbildung nach dem *Tschermak'schen* Gesetz.¹ Das Axenbild ist wie gewöhnlich bei diesen Glimmern von einem einachsigen Interferenzbild kaum zu unterscheiden. Die Biotitschuppen zeigen niemals regelmässige idiomorphe Umgrenzung.

Das *Eisenerz* muss, wie die Bauschanalyse lehrt, reich an Titan sein, ist aber trotzdem sicher theilweise Magnetit; es bildet ziemlich isomere gedrungene Körnchen, welche reichlich mit dem Glimmer und den übrigen dunklen Mineralien zusammen aggregirt sind. *Apatit* in kleinen häufig durch Resorption gerundeten Prismen namentlich reichlich im Biotit und im Feldspath eingewachsen.

Das Gestein ist so frisch, dass sekundäre Neubildungen kaum vorkommen.

Die *Structur* des Gesteins ist bei weitem mehr *hypidiomorph* als panidiomorph im Sinne *Rosenbusch's*, das heisst streng genommen aliotriomorph, indem kein einziges Mineral (abgesehen von den Apatitnadeln)

¹ Über dies Gesetz siehe meine Erklärung in Zeitsch. f. Krystallogr. B. 16, II, P. 40.

wirklich idiomorph begrenzt ist, sondern immer durch gleichzeitige Krystallisation anderer Mineralien in seiner Ausbildung wesentlich beeinflusst erscheint. Doch zeigt namentlich der *Bronzit* Andeutung einer idiomorphen prismatischen Begrenzung. Die Conturen der einzelnen Mineralkörner sind somit (namentlich gilt dies von dem Biotit, dem Pyroxen und dem Feldspath) ganz unregelmässig, zackig zerfrant und in einander greifend. Ein charakteristisches Structurbild entsteht dadurch, dass die dunklen Mineralien (Apatit, Erzkörnchen, Glimmerschuppen, Bronzitprismen und Augitkörnchen) sehr häufig zu grösseren oder kleineren Körneraggregaten zusammengelagert sind, während die Zwischenräume von den Feldspathkörnern eingenommen werden.

Die Krystallisationsfolge ist die gewöhnliche: Apatit; Eisenerz, Spuren von Titanit; Biotit, Bronzit, und monosymmetrischer Augit; Hornblende; Plagioklas; doch greifen die Krystallisationsstadien gegenseitig in einander über, so dass selbst der Plagioklas zum Theil schon gleichzeitig mit dem Pyroxen und dem Biotit gebildet ist.

Die Bauschanalyse des Gesteins gab folgendes Resultat:

SiO ₂	48.06
TiO ₂	2.57
Al ₂ O ₃	16.95
Fe ₂ O ₃	4.78
FeO	7.60
MnO	Spur
MgO	5.51
CaO	7.79
Na ₂ O	3.37
K ₂ O	1.42
H ₂ O	0.80
P ₂ O ₅	0.63

99.48

Nach den Beobachtungen über die Mineralienzusammensetzung unter dem Mikroskop kann die Analyse auf folgende Weise berechnet werden, wobei bemerkt werden muss, dass die äusserst geringen Mengen von Hornblende (kaum $\frac{1}{2}$ Procent) und Titanit (kaum $\frac{1}{5}$ Procent) nicht berücksichtigt sind:

SiO ₂	19.52	|
Al ₂ O ₃	5.54	
Na ₂ O	3.37	
<hr/> 28.43		
Na ₂ Al ₂ Si ₆ O ₁₆		

SiO ₂	1.32		44.68 % Plagioklas Ab ₂ An ₁ (Oligoklas, auf der Grenze zu Andesin).
Al ₂ O ₃	0.38		
K ₂ O	0.35		
	2.05	K ₂ Al ₂ Si ₆ O ₁₆	
SiO ₂	6.09		
Al ₂ O ₃	5.23		
CaO	2.88		
	14.20	Ca Al ₂ Si ₂ O ₈	
SiO ₂	4.96		
CaO	2.27		
FeO	2.94		
	10.17	Fe Ca Si ₂ O ₆	
SiO ₂	4.89		25.34 % monosym. Pyroxen.
CaO	2.25		
MgO	1.62		
	8.76	Mg Ca Si ₂ O ₆	
SiO ₂	1.77		
Al ₂ O ₃	2.98		
Fe ₂ O ₃	0.30		
FeO	0.44		
MgO	0.92		
	6.41	(Mg, Fe) (Al, Fe) ₂ SiO ₆	
SiO ₂	4.52		
Al ₂ O ₃	0.03		
Fe ₂ O ₃	0.10		
FeO	1.62		
MgO	2.21		
CaO	0.10		
	8.58	Bronzit.	
SiO ₂	4.99		
TiO ₂	0.78		
Al ₂ O ₃	2.79		
Fe ₂ O ₃	2.10		

FeO	1.32
MgO	0.76
CaO	0.01
Na ₂ O	0.12
K ₂ O	1.07
H ₂ O, F . . .	0.65

14.59 Biotit (Lepidomelan).

Fe ₂ O ₃	2.28
FeO	1.28
TiO ₂	1.44

5.00 Eisenerz.

P ₂ O ₅	0.63
CaO	0.83
F	0.06

1.52 Apatit.

Rest: 0.35 TiO₂; 0.09 Glühverlust.

Zu wenig gefunden: 0.55 CaO, 0.12 Na₂O.

Nach dieser Berechnung sollte der *Feldspath* durchschnittlich (auf 100 berechnet) bestehen aus:

SiO ₂	60.27
Al ₂ O ₃	24.96
CaO	6.45
Na ₂ O	7.54
K ₂ O	0.78

100.00

entsprechend einem Oligoklas Ab₂An₁, auf der Grenze gegen Andesin, was auch mit dem mikroskopischen Befund gut übereinstimmt.

Die Zusammensetzung des *monosymmetrischen Pyroxens* wäre:

SiO ₂	45.81
Al ₂ O ₃	11.77
Fe ₂ O ₃	1.17
FeO (& MnO)	13.34
MgO	10.02
CaO	17.89

100.00

(Cfr. z. B. Pyroxen (Diallag) von Mt. Marcy (*Leeds* in Amer. chem. Journ. 1877; E. S. Dana Min. P. 360, No. 61) mit SiO_2 46.28, Al_2O_3 7.38, Fe_2O_3 2.21, FeO & MnO 14.80, MgO 8.91, CaO 18.78, TiO_2 0.59).

Die Zusammensetzung des *Bronzits* wäre:

SiO_2	52.68
Al_2O_3	0.35
Fe_2O_3	1.17
FeO	18.88
MgO	25.76
CaO	1.16
	<hr/>
	100.00

(Cfr. z. B. den Bronzit von Buffalo Peaks, Colorado, aus Augit-andesit, nach *Hillebrand's* Analyse, Amer. Journ. 1883, B. 25, P. 139; Analyse No. LV in *Hintze*, Handb. d. Min. B. II, P. 1001).

Die Zusammensetzung entspräche somit einem Bronzit auf der Grenze zu Hypersthen; es ist nach dem mikroskopischen Befund demnach die Mischung vielleicht ein klein wenig zu eisenreich berechnet; schon 0.33 Procent weniger FeO in den berechneten ca. $8\frac{1}{2}$ Procent würde genügt haben um dies auszugleichen.

Die Zusammensetzung des *Biotits* (Lepidomelan) ergab sich nach der Berechnung der übrigen Mineralien aus dem Rest; auf 100 berechnet wäre dieselbe ungefähr:

	Cfr. Biotit, Freiberg nach <i>Scheerer</i> :	
SiO_2	34.20	36.89
TiO_2	5.36	3.16
Al_2O_3	19.11	15.00
Fe_2O_3	14.39	16.29
FeO	9.03	6.95
MgO	5.22	9.65
CaO	0.07	1.75
Na_2O	0.82	—
K_2O	7.34	6.06
H_2O & F	4.46	4.40
	<hr/>	<hr/>
	100.00	100.15

Obwohl diese Berechnung natürlich nicht die Zusammensetzung des Glimmers genau angeben kann, dürfte sie sich dennoch nicht sehr weit von der Wahrheit entfernen.

Das Gestein sollte somit nach dieser versuchsweisen Berechnung der Bauschanalyse bestehen aus:

ca. $44\frac{2}{3}\%$ Oligoklas (Andesin)	$44\frac{1}{2}\%$ Feldspath.
« $25\frac{1}{2}\%$ « monosym. Pyroxen	} ca. $34\frac{1}{2}\%$ } Pyroxen } 49% Fe-Mg-Silikate.
« $8\frac{2}{3}\%$ « Bronzit	
« $14\frac{2}{3}\%$ « Biotit	
« 5 « titanreiches Eisenerz	} $61\frac{1}{2}\%$ acces. Min.
« $1\frac{1}{2}\%$ « Apatit	
100.00	100.00

Wenn wir nach den bis jetzt vorgelegten Bestimmungen aus dem Gestein von Hovland seine systematische Stellung entscheiden sollen, so ist zunächst nicht zweifelhaft, dass das Vorherrschen der dunklen Mineralien in diesem relativ feinkörnigen Ganggestein mit seiner im Wesentlichen hypidiomorphen Structur dasselbe in die Reihe der *melanokraten*¹ (*lamprophyrischen*) Gesteine hinweist.

Unter den «Lamprophyren» nimmt das Gestein von Hovland² wieder eine ziemlich selbständige Stellung ein, indem es eigentlich nur schlecht in die bisher aufgestellten Gruppen derselben hineinpasst. In chemischer Beziehung nähert sich dasselbe sehr dem *Heumit* (siehe unten) von Heum und damit dem *Monchiquit* von Santa Cruz, unterscheidet sich aber von beiden durch geringeren Gehalt an Alkalien, indem der Alkaligehalt bei dem Gestein von Hovland nur 4.77, bei dem Heumit 9.83, bei dem Monchiquit von Santa Cruz 8.93 ist. Dies ist zwar ein

¹ Siehe über diesen Terminus weiter unten.

² Die Zusammensetzung der sieben im folgenden erwähnten Gesteine ist:

	Gestein von Hovland.	Heumit, Heum.	Monchiquit Santa Cruz.	Monchiquit Shelburn Point.	Monchiquit Rio do Ouro.	Monchiquit Magnet Cove.	Monchiquit Willow Creek.
SiO ₂ . . .	48.06	47.10	46.48	45.58	43.74	43.50	42.46
TiO ₂ . . .	2.57	1.75	0.99	Nicht best.	2.80	2.10	2.47
Al ₂ O ₃ . . .	16.95	16.42	16.16	15.87	14.82	18.06	12.04
Fe ₂ O ₃ . . .	4.78	4.63	6.17	4.65	2.40	7.52	3.19
FeO . . .	7.60	7.04	6.09	6.37	7.52	7.64	5.34
MnO . . .	Spur	0.36	—	—	—	—	0.16
MgO . . .	5.51	5.00	4.02	8.32	6.98	3.47	12.40
CaO . . .	7.79	7.64	7.35	9.91	10.81	13.39	12.14
Na ₂ O . . .	3.37	6.36	5.85	3.42	3.08	2.00	1.21
K ₂ O . . .	1.42	3.47	3.08	1.61	2.90	1.30	2.68
H ₂ O . . .	0.80	0.40	4.27	} 3.14	2.94	1.22	4.03
P ₂ O ₅ . . .	0.63	0.48	—		0.64 (+ 0.10 S)		0.84
CO ₂ . . .	—	—	0.45		1.50	—	0.55
	99.48	100.65	100.91	98.87	100.23	100.20	99.51

sehr wesentlicher Unterschied; doch muss auf der anderen Seite erinnert werden, dass andere Vorkommen von Monchiquiten einen ebenso niedrigen Alkaligehalt wie das Gestein von Hovland zeigen, so namentlich der Monchiquit von Rio do Ouro, Serra de Tinguá (*Rosenbusch & Hunter's* Abhandl., Min. & petrogr. Mitth. B. XI, P. 464; Analyse von *Jannasch*) und der Monchiquit von Shelburn Point, Vermont (siehe die *neue* Analyse dieses Gesteins von Dr. *H. T. Vullé*, in *L. V. Pirsson & W. H. Weed's* Abh. über Castle mountain, Bull. U. S. geol. Surv. No. 139, P. 116); ebenso die Monchiquite von Willow Creek, Castle Mountain (*Pirsson & Weed*, ib. P. 135) und von Magnet Cove, Arkansas, (*F. Williams*, *The igneous rocks of Arkansas*, P. 111).

Obwohl zwar bei den Monchiquiten mit ebenso niedrigem Alkaligehalt wie das Gestein von Hovland der SiO_2 -Gehalt niedriger und der CaO -Gehalt bedeutend höher ist, lässt sich dennoch eine nahe Verwandtschaft in chemischer Beziehung mit den Monchiquiten nicht leugnen; dass bei diesen Analcim (?) führenden Gesteinen der Wassergehalt bedeutend höher ist, ist natürlich. Auch gewissen Camptoniten (von Gran, Norwegen) steht das Gestein von Hovland in chemischer Beziehung sehr nahe, abgesehen davon, dass diese Gesteine fast durchgehends mehr basisch (SiO_2 -Gehalt gewöhnlich 40 bis 45 %) sind und gewöhnlich auch mehr CaO , MgO und Fe-Oxyde (sowie in der Regel auch mehr TiO_2) enthalten.

Im Ganzen schliesst sich das Gestein von Hovland somit nahe an verschiedene Ganggesteine der Gefolgschaft der Nephelinsyenite, wie Monchiquite, Camptonite und namentlich den Heumit, wie auch erwartet werden musste, da das Gestein von Hovland selbst aus einem Nephelinsyenitmagma abgespaltet ist; es ist aber etwas saurer als alle diese Gesteine und bietet auch sonst gewisse Eigenthümlichkeiten dar.

Auf der anderen Seite lässt sich nicht leugnen, dass das Hovland-Gestein offenbar sich den Kersantiten nähert; die Annäherung an echte typische Kersantite ist zwar weniger auffallend. Bedeutend grösser dagegen ist die Übereinstimmung mit einem noch am nächsten zu den Kersantiten zu rechnenden Ganggestein, welches gewisse Anklänge an die Camptonite darbietet, ein Gestein von Stöitrenna bei Grorud,¹

¹ Dies Ganggestein enthält in einer feinkörnigen, wesentlich aus Plagioklasleisten, diopsidartigem Pyroxen, eisenreichem Biotit und Eisenerz bestehenden Grundmasse grosse bis sehr grosse, oft durch Resorption abgerundete Einsprenglinge von brauner barkevikitischer Hornblende, Biotit, Pyroxen und mikrotinartigem Plagioklas, sowie ungewöhnlich grosse Apatitprismen; als Zersetzungsproducte wesentlich Carbonate und Chlorit. Etwas mehr als die Hälfte des Gesteins, welches in einem späteren Theil dieser Publikationsserie näher beschrieben werden soll, besteht aus Plagioklas.

nördlich von Kristiania. Zum Vergleich ist unten die (neue) Analyse (von Herrn *V. Schmelck*) sowohl dieses Gesteins als noch Analysen einiger typischen Kersantite angeführt:

	Gestein von Howland.	Kersantit von Stöitrenna. Gorud.	Kersantit von Marlesreuth, Fichtelgebirge.	Kersantit von Falkenstein etc. Fichtelgebirge.
SiO ₂	48.06	48.45	49.50	49.82
TiO ₂	2.57	2.15	Nicht best.	Nicht best.
Al ₂ O ₃	16.95	15.57	13.09	14.50
Fe ₂ O ₃	4.78	5.07	2.63	} 8.06
FeO	7.60	4.86	6.20	
MnO	—	—	0.19	—
MgO	5.51	4.28	8.97	5.81
CaO	7.79	10.48	7.94	7.65
Na ₂ O	3.37	3.57	2.60	3.03
K ₂ O	1.42	2.15	4.52	3.50
H ₂ O (—CO ₂) .	0.80	2.23	0.55	2.54
P ₂ O ₅	0.63	0.80	1.29	4.42
CO ₂	—	1.57	1.20 (+ 0.22 S)	Spur
	<hr/> 99.48	<hr/> 101.18	<hr/> 98.90	<hr/> 99.37

Wie man sieht, auch hier eine ganz bedeutende Übereinstimmung, obwohl die angeführten typischen Kersantitvorkommen im Ganzen saurer und entsprechend reicher an Alkalien (bezeichnenderweise K₂O), ärmer an Fe-Oxyden sind; die meisten anderen analysirten Kersantitvorkommen sind noch saurer, in der Regel zwischen 50 und 55 % SiO₂.

Unser Ganggestein steht somit so zu sagen in der Mitte zwischen den monchiquitischen und den kersantitischen Ganggesteinen, obwohl in mehreren Beziehungen den letzteren näher verwandt. Dass die Structur eine mehr hypidiomorphe als bei den Kersantiten gewöhnlich ist, hat gewiss weniger mit der Zusammensetzung als mit den physikalischen Verhältnissen während der Erstarrung zu thun. Diese Zwischenstellung zwischen Monchiquiten und Kersantiten wird um so mehr bestätigt durch den näheren Vergleich mit dem Ganggestein von Stöitrenna bei Gorud, welches offenbar selbst ein derartiges Übergangsgestein ist.

Es ist diese Erfahrung um so mehr von Interesse als z. B. *Rosenbusch* bei seiner Bearbeitung seiner «lamprophyrischen» Gesteine (Mikr. Phys. 3. Ausg., B. II P. 506) ausdrücklich hervorhebt, dass «Übergänge zwischen der Camptonit-Alnöit-Reihe (Gefolgschaft der foyaitischen und

theralithischen Magmen) und der Minette-Kersantit-Reihe (Gefolgschaft der granito-dioritischen Tiefengesteine) nicht bekannt sind».¹

Eine Zusammenstellung einiger Analysen von Monchiquiten und Kersantiten in einer Tabelle zeigt auch geradezu, dass in chemischer Beziehung das Gestein von Hovland am Ende der Monchiquit-Reihe und am Anfang der Kersantit-Reihe steht, also einen Übergangstypus bildet.

	Monchiquit Willow Creek	Monchiquit Rio do Ouro	Monchiquit Shelburn Point	Monchiquit Santa Cruz	Gestein von Hovland	Kersantit Falkenstein Fichtelgebirge	Kersantit Krone, Harz
SiO ₂	42.46	43.74	45.58	46.48	48.06	49.82	54.80
TiO ₂	2.47	2.80	Nicht best.	0.99	2.57	Nicht best.	0.30
Al ₂ O ₃	12.04	14.82	15.87	16.16	16.95	14.50	11.20
Fe ₂ O ₃ (FeO, MnO)	8.39	10.86	11.82	13.02	13.23	8.06	9.27
MgO	12.40	6.98	8.32	4.02	5.51	5.81	6.00
CaO	12.14	10.81	9.91	7.35	7.79	7.69	8.32
Na ₂ O	1.21	3.08	3.42	5.85	3.37	3.03	1.15
K ₂ O	2.68	2.90	1.61	3.08	1.42	3.50	1.25

Obwohl chemisch zum Theil (durch grösseren Na₂O- als K₂O-Gehalt) näher mit den Monchiquiten verwandt, schliesst sich das Gestein von Hovland in mineralogischer Beziehung entschieden näher an die Kersantite an, und ich führe deshalb auch, um neue Namen zu vermeiden, das Gestein als *Bronzit-Kersantit* auf.

In der That liegt die Zusammensetzung des Bronzit-Kersantits von Hovland auch einer dioritischen Zusammensetzung (am *basischen* Ende der Dioritreihe) ganz nahe; zum Vergleich soll unten die Zusammensetzung des mittelkörnigen quarzfreien Hornblendediorits vom wässrigen Weg, Odenwald (Analyse von *K. Olszewsky*, in *Benecke & Cohen*, «Geognostische Beschreib. d. Umgegend von Heidelberg», P. 76, (1879)) angeführt werden:

	<i>Bronzit-Kersantit; Hovland.</i>	<i>Hornblendediorit; Wässriger Weg.</i>
SiO ₂	48.06	48.53
TiO ₂	2.57	Nicht best.
Al ₂ O ₃	16.95	18.40

¹ Doch erwähnt er selbst (ib. P. 510) Andeutungen einer Annäherung der Kersantite an camptonitische Typen, gelegentlich der Besprechung des vogesitischen Kersantits von Mittershausen im Odenwald (mit reichlich brauner Hornblende, viel Augit etc.) u. a. V.

<i>Bronzit-Kersantit;</i> <i>Hovland.</i>		<i>Hornblendediorit;</i> <i>Wässriger Weg.</i>
Fe ₂ O ₃	4.78	7.56
FeO	7.60	2.88
MgO	5.51	6.83
CaO	7.79	8.56
Na ₂ O	3.37	2.84
K ₂ O	1.42	2.65
H ₂ O	0.80	2.66
P ₂ O ₅	0.63	—
99.48		100.91

Obwohl gewiss in mehreren Beziehungen Unterschiede vorhanden sind, ist dennoch entschieden die Übereinstimmung so gross, dass man sagen muss, dass im Bronzit-Kersantit von Hovland gewissermaassen eine basische, «dioritische» Mischung vorliegt.

Um so mehr ist es von Interesse, dass dies kersantitische Gestein als Begleiter eines *Nephelinsyenites* auftritt.

Noch in einer anderen Beziehung ist die chemische Zusammensetzung dieses *Bronzit-Kersantits* von einem gewissen Interesse, nämlich durch die nahe Übereinstimmung mit einem typischen *Gabbrodiabas Essexit*, (Rosenbusch), dem Hauptgestein der Insel Toftholmen (neue Analyse, von Herrn V. Schmelck):

<i>Bronzit-Kersantit; Hovland.</i>	<i>Essexit; Toftholmen.</i>	Diff.
SiO ₂ 48.06	47.90	+ 0.16
TiO ₂ 2.57	1.91	+ 0.66
Al ₂ O ₃ 16.95	16.55	+ 0.40
Fe ₂ O ₃ 4.78	5.67	÷ 0.89
FeO 7.60	7.50	+ 0.10
MnO Spur	0.60	(÷ 0.60)
MgO 5.51	4.44	+ 1.07
CaO 7.79	9.35	÷ 1.56
Na ₂ O 3.37	3.23	+ 0.14
K ₂ O 1.42	2.08	÷ 0.66
H ₂ O 0.80	0.20	+ 0.60
P ₂ O ₅ 0.63	0.32	÷ 0.31
99.48	99.75	

Diese Übereinstimmung ist in der That eine auffallend nahe; nur für MgO und CaO ist die Differenz grösser als 1 0/0; nach meiner Auffassung der Eruptivgesteine des Kristianiagebietes wäre der Essexit das

erste Resultat einer Differentiation aus einem Magmabassin, dessen Stamm-Magma ungefähr eine Nordmarkitzusammensetzung (also eines sauren foyaitischen Magmas im Sinne *Rosenbusch's*) gehabt hätte. Es ist dann auch nicht auffällig, dass der nahezu gleich zusammengesetzte Bronzit-Kersantit von Hovland ein Differentiationsprodukt eines (intermediären) nephelinsyenitischen Magmas darstellt.

Es finden sich auf Tofteholmen auch bronzitführende feinkörnige Faciesbildungen des Essexits, welche mit dem Bronzit-Kersantit von Hovland structurell und in ihrer Mineralienzusammensetzung (Plagioklas, monosym. Pyroxen, Bronzit, brauner Glimmer, Eisenerz, Apatit) so nahe übereinstimmen, dass kein wesentlicher Unterschied vorhanden ist; selbst die grossen Glimmerknauer fehlen nicht ganz. Aber das Alter und die Bildungsbedingungen beider sind verschieden, indem die Essexite als die ältesten Eruptivgesteine des Kristianiagebietes sämtlich *älter* als die Laurvikite und ihre Aequivalente (Rhombenporphyre etc.), die Laurdalite und der diese begleitende Bronzit-Kersantit dagegen *jünger* als die Laurvikite sind.

Der *Essexit* von der Insel Tofteholmen (bei Hurum im Kristianiafjord)¹ und der *Bronzit-Kersantit* von Hovland liefern somit ein weiteres Beispiel der Thatsache, *dass verschiedenartig zusammengesetzte Magmen chemisch übereinstimmende Differentiationsprodukte geliefert haben*, eine Erfahrung, welche ich auch an anderer Stelle durch mehrere analoge Beispiele bestätigen kann.

Hornblende-Kersantit von Malmö bei Laurvik.

In der meisterhaften Bearbeitung seiner «lamprophyrischen» Gesteine bemerkt *Rosenbusch* (Mikr. Phys. B. II, 3te Aufl. P. 506), dass von den drei Reihen, in welche er dieselben eintheilt, die beiden ersten, nämlich die Minette-Kersantit-Reihe und die Vogesit-Odinit-Reihe, zur Gefolgschaft der granito-dioritischen und der gabbro-peridotitischen Tiefengesteine gehören und auch oft zusammen auftreten und durch Zwischenformen mit einander verbunden sind, während die Gesteine der dritten Reihe, der Camptonit-Alnöit-Reihe, zur Gefolgschaft der foyaitischen und therolithischen Magmen gehören sollten, und nicht durch Übergänge mit den

¹ Die Essexite von Tofteholmen und ihre Differentiationsproducte etc. sollen in der Monographie der ältesten, basischen Eruptivgesteine des Kristianiagebietes näher beschrieben werden.

beiden ersten Reihen verbunden wären. Diese Behauptungen halten nicht in aller Strenge Stich, indem erstens, wie in dieser Abhandlung nachgewiesen, kersantitische und Minette-artige Gesteine auch als Begleiter von «foyaitischen» Tiefengesteinen auftreten, sowie Camptonite als Begleiter von Gabbrodiabasen (Essexiten), deren Zusammensetzung bei weitem mehr mit Gabbromagmen, als mit theralitischen Magmen übereinstimmt, — zweitens auch, wie schon oben erwähnt wurde, eine Reihe von Übergängen zwischen kersantitischen und camptonitischen Gesteinen im Kristianiagebiet auftreten. Die gewiss bestehenden regelmässigen Beziehungen einer bestimmten Ganggefolgschaft der verschiedenen Tiefengesteine, durch deren Nachweis *Rosenbusch* unsere Kenntnisse von dem wahren Wesen der Eruptivgesteine so ausserordentlich wesentlich gefördert hat, sind deshalb nicht in aller Strenge so zu fassen, dass nicht Ausnahmen von der oben angegebenen Regel vorkommen; das wird auch durch das Vorkommen eines typischen hornblendeführenden Kersantites in der Ganggefolgschaft des Laurdalits, welches unten erwähnt werden soll, bewiesen.¹

Auf der Insel Malmö (ca. 4 Kilometer SO. von Laurvik) am Viksfjord entdeckte ich 1874 einen ungefähr 1 m. mächtigen Gang in Augitsyenit (Laurvikit) aufsetzend. Das grauschwarze feinkörnige Gestein besteht, wie sich unter dem Mikroskope zeigt, aus *Plagioklas* und *Orthoklas*, braunem *Biotit*, *Hornblende*, *Eisenerz* und *Apatit*; *Quarz* und *Kalkspath* als Füllung von miarolitischen Hohlräumen; ausserdem Zersetzungsproducte der genannten Hauptmineralien.

Der *Plagioklas* ist in Tafeln ausgebildet; die scharfen breiten Zwillinglamellen nach dem Albitgesetz zeigen häufig in der Zone parallel zur Zwillingachse Auslöschungswinkel von 16 bis 18° nach jeder Seite; dieselben sind häufig zonar gebaut, wobei die peripherischen Schalen wie gewöhnlich die kleineren Auslöschungswinkel der saureren Plagioklase zeigen. Die zuerst gebildeten centralen Theile sind sicher wenigstens den basischen Andesinen, vielleicht zum Theil sogar den sauren Labradormischungen angehörig. Eben diese centralen Theile der Plagioklastafeln sind dann auch am stärksten zersetzt, unter Bildung von Kaolin, Epidot und Kalkspath etc., während die äusseren Theile oft noch ganz frisch sind. Manche der Plagioklastafeln sind auch ohne zonaren Bau und gehören dann sauren Mischungen an (Oligoklas).

¹ Auch wenn dieser Kersantit vielleicht nicht dem Ganggefolge des Laurdalits, sondern des Laurvikits angehören sollte, was schwierig zu entscheiden, ändert dies in der obigen Behauptung Nichts, da diese beiden Gesteine ja so ausserordentlich nahe verwandt sind.

Ausser relativ basischem und saurerem Plagioklas ist auch Orthoklas vorhanden, offenbar von späterer Bildung (in den kleinen Drusenräumen auf den Plagioklastafeln angewachsen, und auch zum Theil als Füllung zwischen denselben, und dann ohne bestimmte Form) bisweilen auch in kürzeren, dickeren Tafeln, gewöhnlich Karlsbaderzwillingen, aber auch ohne Andeutung idiomorpher Begrenzung. Der Orthoklas scheint an Menge dem Plagioklas bedeutend nachzustehen. Beide zusammen machen wohl etwas mehr als die Hälfte des Gesteins aus.

Der *Glimmer* ist ein brauner Biotit, aller Wahrscheinlichkeit nach ein echter Meroxen (geringerer Pleochroismus als bei den eisenreichen Lepidomelanen der Natronminetten); er ist reichlich vorhanden als unregelmässige Körner, namentlich um die Erzkörnchen angehäuft. Es ist ein gewöhnlicher Kersantitmeroxen, wie dieser häufig in grünen Chlorit zersetzt.

Die *Hornblende* ist ungefähr ebenso reichlich wie der Biotit vorhanden; sie ist gewöhnlich deutlich prismatisch nach der Vertikalachse ausgezogen, mit (100), (110) und (010) oder bisweilen mit (110) allein in dieser Zone, während am Ende in einem Falle (111) sicher bestimmt wurde. Die frischesten Individuen sind hell bräunlich (c braun > b braun, > a strohgelb) wenig pleochroitisch, gewöhnlich sind die Prismen aber nur theilweise braun, grösstentheils hell grünlich, und die am stärksten zersetzten Individuen sind nur hellgrün (oft fast farblos). Die Auslöschung ist die bei Hornblende gewöhnliche ca. $14\frac{1}{2}$ in Schnitten ungefähr parallel zur Symmetrieebene, im spitzen Winkel β . Die Hornblende ist somit mit der gewöhnlichen Hornblende der Kersantite übereinstimmend und wie diese auch gewöhnlich stark zersetzt, wobei Epidotknauer, Chlorit und Carbonate gebildet sind, indem die Hornblende gleichzeitig abgefärbt und faserig wird.

Das *Eisenerz* ist magnetisch, nicht ganz spärlich namentlich im Biotit eingewachsen. *Apatit* reichlich in kleinen, dünnen Nadeln.

Die Structur des Gesteins ist mit den in allen Richtungen durch einander liegenden Plagioklastafeln eine typische Kersantitstructur, wobei reichlich miarolitische Drusenräume vorhanden gewesen sind. Diese sind zuerst bisweilen mit Orthoklas gefüllt; dann sind sie häufig mit zierlichen Quarzkryställchen ausgekleidet und schliesslich mit *Kalkspath* gefüllt. Von porphyrischer Ausbildung ist keine Spur zu entdecken.

Die Krystallisationsfolge ist die gewöhnliche: Apatit, Erz; Glimmer, Hornblende; Plagioklas, Orthoklas; Quarz, Kalkspath. Doch hat die Krystallisation sowohl des Glimmers als der Hornblende auch nach der Plagioklasbildung fortgesetzt.

Das Gestein zeigt gewisse Annäherungen zu hornblendeführenden Ganggesteinen am Farrissee, welche unzweifelhaft mit dem Laurdalit in Verbindung stehen, und muss deshalb aller Wahrscheinlichkeit nach als zum Gangfolge des Laurdalits gehörend aufgefasst werden. Es schien mir zu stark zersetzt (obwohl bei weitem frischer als die meisten deutschen Kersantitvorkommen), um eine Analyse daran zu wenden; es ist aber unzweifelhaft, dass diese eine ganz ordinäre Kersantitzusammensetzung gezeigt haben würde.

Die jetzt beschriebenen Kersantitvorkommen aus der Gangfolge des Laurdalits sind nicht die einzigen; die übrigen (von der Westseite des Sees Farrisvand, sowie von Hedrum) sind aber alle zu stark zersetzt, um ihre ursprüngliche Zusammensetzung sicher entscheiden zu können, und ihre Beschreibung würde deshalb für den Zweck dieser Abhandlung ohne Interesse sein.

Vogesite.

Augitvogesit von der Bahnlinie Kjøse-Aklungen.

Unter den zahlreichen verschiedenen Gangtypen des Profiles längs der Bahnlinie westlich vom Farrissee zwischen den Stationen Kjøse-Aklungen finden sich auch eigenthümliche Ganggesteine der Vogesitreihe; sie sind alle mehr oder weniger zersetzt und eigneten sich deshalb nicht zu chemischen Analysen. Das frischeste derselben, ein Augitvogesit aus einem ca. 1½ m. mächtigen, in der Richtung WNW.—OSO. streichenden Gang (172.25 Kilometer von Kristiania gerechnet) im Laurvikt soll hier kurz erwähnt werden.

Das Gestein ist schmutzig grau, feinkörnig. Unter dem Mikroskop sieht man ganz vereinzelt ein Paar mm. grosse Einsprenglinge von *Feldspath* in einer nicht sehr feinkörnigen Grundmasse von *Feldspath* und *Pyroxen* mit *Eisenerz* und *Apatit*.

Der *Feldspath* (der Einsprenglinge und der Grundmasse) ist ein ungestreifter Alkalifeldspath; auch in der Grundmasse zeigt er eine annähernd kurztafelige Form, doch mit vollständiger Raumausfüllung, so dass miarolithische Drusenräume fehlen. Er ist stark zersetzt, wobei ein blättriges farbloses Glimmermineral (wohl Muscovit) vorherrschend als Zersetzungsprodukt auftritt. Plagioklas wurde nicht sicher beobachtet; wenn er überhaupt vorhanden ist, muss er sehr sauer sein. Der Feldspath muss nach Schätzung mehr als die Hälfte des Gesteines ausmachen.

Der *Pyroxen* ist im Dünnschliff sehr hell grünlich, beinahe farblos, in dicken, kurzen, ziemlich idiomorphen Säulen ausgebildet; Querschnitte zeigen das Prisma und die beiden Pinakoide; es muss ein eisenarmer, kalkreicher Pyroxen sein. Er ist immer stark zersetzt, wobei er in faserigen Uralit, unter Ausscheidung von kleinen Epidotknauern, umgewandelt ist; Kalkspath ist nur spärlich dabei gebildet.

Biotit ist in frischem Zustande nicht im Gestein erhalten; dagegen finden sich, gewöhnlich um die Erzkörner, grössere in Chlorit umgewandelte, unregelmässig umgrenzte Tafeln, welche wohl nur umgewandelter *Biotit* sein können. Auch in ihnen finden sich Knauer von *Epidot*, und grössere Körner von stark gelbem *Epidot* liegen ausserdem im *Feldspath* isolirt. Der *Biotit* ist im Vergleich mit dem *Pyroxen* in ganz untergeordneter Menge vorhanden gewesen. Diese *Biotit*pseudomorphosen zeigen sich übrigens häufig auch von feinen *Hornblenden*adeln oder von einem *Hornblendefilz* erfüllt, und neben den kleinen *Epidot*-knauern ist auch *Magnetit*staub ausgeschieden.

Das oft tafelig ausgebildete *Eisenerz* scheint, nach der *Leukoxen*-bildung zu urtheilen, titanhaltig; es ist ebenso wie der nadelförmige *Apatit* nicht ganz spärlich vorhanden.

Die *Structur* ist eine recht ordinäre *Vogesit*structur und das Gestein erinnert überhaupt in Zusammensetzung sehr an manche typischen *Augitvogesite* (z. B. das Gestein von *Andlauthal*, *Vogesen*); nur ist die Tafelform der *Feldspäthe* etwas weniger ausgeprägt, und die *Structur* im Ganzen wegen fehlender *miarolithischer* Ausbildung an die *hypidiomorph* körnige *Structur* von *Rosenbusch* etwas mehr angenähert.

Da das Gestein nicht vollständig frisch ist, schien es mir nicht von hinreichendem Interesse, eine chemische Analyse desselben zu veranlassen; die Zusammensetzung entfernt sich kaum viel von derjenigen des von *L. V. Pirsson*¹ analysirten *Vogesit*s von *Fourmile Creek*, *Montana*, deren Zusammensetzung (vielleicht abgesehen von dem relativ hohen KO_2 -Gehalt?) gut in die Reihe der «*lamprophyrischen*» Ganggesteine des *Laurdalit*gefolges hineinpasst.

Das Vorkommen von *Vogesiten* in der Gefolgschaft des *Laurdalits* — sie treten eben längs seiner Grenzzone auf und können kaum mit einem anderen Gestein, es wäre dann mit dem *Laurvikit*, in Verbindung gebracht werden — ist ebenso wie das Vorkommen der oben beschriebenen *Kersantite* ein weiterer Beweis gegen die Annahme, dass diese Ganggesteinsreihen ausschliesslich an die Gefolgschaft der granito-dioritischen Magmen gebunden wären; granito-dioritische Tiefen-Magmen finden sich in dieser Gegend überhaupt nicht repräsentirt.

¹ *Weed & Pirsson*, «*Geol. of the Castle Mountain mining district, Montana*», *Bull. of the U. S. Geol. Survey* No. 139, P. 112 (1896).

Heumite.

Heumit von Heum.

Beim Hofe Heum, am Wege zwischen Gjona im Lougenthal und dem Lyseböfjord (einer Verzweigung des Sees Farris) steht ein an Nephelin sehr reicher, grosstafeliger Foyait an; in diesem Foyait setzt ca. 200 Schritte westlich vom Hofe (hinter den Häusern, in einem kleinen Felsen beim Anfang eines Moores) ein ca. 2½ m. mächtiger Gang eines dunklen, braunschwarzen, feinkörnig schimmernden Gesteines auf; die Richtung des Ganges ist ungefähr NNO.—SSW.

Das Gestein ist ohne jede Andeutung einer porphyrartigen Structur; makroskopisch ist deshalb auch kein Mineral erkennbar, obwohl das Gesteinsgemenge keineswegs sehr feinkörnig ist. Unter dem Mikroskop erkennt man, dass das Gestein besteht aus: *Feldspath* (und zwar wesentlich ungestreiftem Natronorthoklas oder fein gestreiftem *Natronmikroklin*, mit anderen Feldspäthen) und *Barkevikit*, beide sehr reichlich; daneben ebenfalls recht reichlich dunkelbrauner *Biotit* und in ganz geringer Menge *Nephelin*, *Sodalith*, *Diopsid*; als Übergemengtheile sind *Apatit*, *Magnetit*, *Eisenkies* und *Titanit* vorhanden.

Die *Structur* ist ausgesprochen autallotriomorph körnig, wie bei manchen Apliten (siehe unter Lestivarite), indem die einzelnen Mineralien in isomeren, ungefähr gleich grossen, eckigen Körnern ausgebildet sind; nur der Apatit mit seinen langen, dünnen Nadelchen macht eine Ausnahme, auch sind die Hornblendekörnchen bisweilen prismatisch ausgezogen, obwohl an allen Ecken abgerundet. Hornblende und Biotit (mit Erzen und Apatit) sind bisweilen zu Körneraggregaten angehäuft; umgekehrt findet man stellenweise, nicht überall im Gestein, Partien mit runden, weissen Flecken (1—4 mm. im Diameter), wo die hellen Mineralien ganz vorherrschen (cfr. Heumit von Brathagen), also eine Art Ocellarstructur.

Nephelin und *Sodalith* scheinen sehr ungleichmässig im Gestein vertheilt, indem sie in mehreren Dünnschliffen fast vollständig fehlen, in anderen reichlicher vorhanden sind.

Das Gestein ist wundervoll frisch, sämtliche Mineralien fast vollständig unzersetzt und gewöhnlich sehr rein, frei von Einschlüssen. Ehe die einzelnen Mineralien besprochen werden, soll zuerst die *chemische Zusammensetzung* des Gesteins mitgetheilt werden.

Die (von Herrn V. *Schmelck* ausgeführte) Analyse des Gesteins ergab:

SiO ₂	. . . . .	47.10
TiO ₂	. . . . .	1.75
Al ₂ O ₃	. . . . .	16.42
Fe ₂ O ₃	. . . . .	4.63
FeO	. . . . .	7.04
MnO	. . . . .	0.36
MgO	. . . . .	5.00
CaO	. . . . .	7.64
Na ₂ O	. . . . .	6.36
K ₂ O	. . . . .	3.47
Glühverlust.	. . . . .	0.40
P ₂ O ₅	. . . . .	0.48
		<hr/>
		100.65

Da es aus unten angeführten Gründen von Interesse schien, dies Gestein in chemischer Beziehung so genau wie möglich kennen zu lernen, isolirte ich mittels einer Jodmethylen-Lösung die einzelnen Bestandtheile.

Es zeigte sich dabei, dass die Hornblende ein spec. Gew. von 3.2 bis 3.3 besass; es liess sich somit nicht vermeiden, dass der Apatit (Fluorapatit) beim Füllen zum grossen Theil zusammen mit der Hornblende erhalten wurde, was aber keinen Übelstand herbeiführte, da die Apatitmenge sich durch P₂O₅-Bestimmung controlliren liess. Magnetithaltige Körnchen wurden mittelst des Magneten und durch wiederholte Fällung entfernt; ebenso wurden Verunreinigungen mit dem bedeutend leichteren Glimmer (spec. Gew. ca. 3.1) und noch leichteren Mineralien durch sorgfältige Begrenzung des Fällungsspatiums bei wiederholter Fällung vermieden, so dass schliesslich ein genügend reines Analysenmaterial erhalten wurde.

Die (von Herrn *V. Schmelck* ausgeführte) Analyse der Hornblende ergab:

SiO ₂	40.10
TiO ₂	4.35
Al ₂ O ₃	10.88
Fe ₂ O ₃	7.81
FeO	9.66
MnO	0.15
MgO	9.74
CaO	12.60
Na ₂ O	3.18
K ₂ O	1.60
P ₂ O ₅	0.63
Fl.	0.31
Glühverlust	0.00
	101.01
Abzug für O	0.14
	100.87

Nach Abzug von 1.51 % Apatit (CaO 0.83, P₂O₅ 0.63, F = 0.05) und Berechnung auf 100, ergibt sich die Zusammensetzung der Hornblende zu:

SiO ₂	40.29
TiO ₂	4.37
Al ₂ O ₃	10.93
Fe ₂ O ₃	7.84
FeO	9.70
MnO	0.15
MgO	9.78
CaO	11.83
Na ₂ O	3.19
K ₂ O	1.61
Fl	0.31
	100.00

Die Hornblende schliesst sich somit ziemlich nahe an verschiedene Vorkommen von basaltischer Hornblende (z. B. von Böhmen, von Stenzelberg etc.) an, zeichnet sich aber durch höheren Alkaligehalt (und TiO₂-Gehalt) und geringeren Magnesiagehalt aus und nähert sich dadurch auf der anderen Seite den barkevikitischen Hornblenden, jedoch im Ganzen der basaltischen Hornblende näher stehend als den Barkevikiten. Dieser Schluss wird auch durch die optische Untersuchung vollständig

bestätigt, indem die Absorptionsverhältnisse und die optische Orientierung mit derartigen Zwischengliedern stimmen.

Der Pleochroismus ist sehr stark: $c > b > a$ (c braunschwarz, b tief braun, beinahe = c , a bräunlich gelb); Auslöschungsschiefe in langprismatischen Schnitten wenige Grade (6^0 bis 10^0).

Einige wenige Schnitte ohne deutliche Spaltbarkeit und idiomorphe Begrenzung sind sehr tief braun (beinahe schwarz), ohne starken Pleochroismus; es ist möglich, dass diese dem *Ainigmatit* angehören.

Die Hornblende unseres Gesteins zeigt eine bedeutende Ähnlichkeit in der chemischen Zusammensetzung mit derjenigen der braunen Hornblende aus den Hornblenditen Brandbergets (Kirchspiel Brandbu, früher Gran); von dieser selbst in reinem Zustande liegt keine Analyse vor, dagegen eine Bauschanalyse von einem Hornblendit ebendasselbst, welcher fast ausschliesslich aus Hornblende besteht; die Analyse (neu) desselben ist von Herrn V. Schmelck ausgeführt.

Ein Vergleich beider zeigt folgende Tabelle:

	Hornblende, Heum.		Hornblendit, Brandberget.	
SiO ₂	40.29		37.90	
TiO ₂	4.37		5.30	
Al ₂ O ₃	10.93		13.17	
Fe ₂ O ₃	7.84	} Entspr. 18.91 Fe ₂ O ₃	8.83	} Entspr. 18.24 Fe ₂ O ₃
FeO	9.70		8.37	
MnO	0.15		—	
MgO	9.78		9.50	
CaO	11.83		10.75	
Na ₂ O	3.19		2.35	
K ₂ O	1.61		2.12	
Fe	0.31		—	
H ₂ O	—		1.40	
	100.00		99.69	

Über die Ähnlichkeit in der chemischen Zusammensetzung der Hornblende mit dem Camptonit von Mæna (S. 60) siehe an anderer Stelle.

Da das Gestein ausser der Hornblende nur Spuren von Diopsid (sicher nicht mehr als 1 %) und sonst von eisenhaltigen Mineralien nur dunklen Glimmer enthält, schien eine Berechnung der Zusammensetzung des Gesteins möglich, unter der Annahme, dass der Nephelin-Gehalt höchstens 5 % ausmacht. In der That ist in mehreren Präparaten kaum 1 % Nephelin vorhanden, während in anderen die Nephelin-Menge wohl etwas grösser sein dürfte.

Die Analyse des Gesteins dürfte versuchsweise auf folgende Zusammensetzung berechnet werden können:

SiO₂ 26.84

Al₂O₃ 9.60

CaO 1.63

Na₂O 3.37

K₂O 0.97

42.41 Feldspath.

SiO₂ 2.25

Al₂O₃ 1.65

CaO 0.05

Na₂O 0.80

K₂O 0.25

5.00 Nephelin.

SiO₂ 1.24

Al₂O₃ 1.05

Na₂O 0.85

Cl 0.24

3.38 Sodalith.

SiO₂ 12.56

TiO₂ 1.35

Al₂O₃ 3.30

Fe₂O₃ 2.45

FeO 3.04

MnO 0.05

MgO 3.06

CaO 3.69

Na₂O 0.96

K₂O 0.49

F 0.09

31.04 Hornblende.

SiO₂ 0.54

FeO 0.09

MgO 0.13

CaO 0.25

1.01 Diopsid.

SiO ₂	3.50
TiO ₂	0.20
Al ₂ O ₃	0.80
Fe ₂ O ₃	0.15
FeO	2.53
MnO	0.31
MgO	1.81
CaO	0.10
Na ₂ O	0.15
K ₂ O	1.10
H ₂ O (F).	0.17

10.82 Biotit (Lepidomelan).

P ₂ O ₅	0.84
CaO	1.04
F	0.04

1.92 Apatit.

SiO ₂	0.16
TiO ₂	0.20
CaO	0.15

0.51 Titanit.

Fe ₂ O ₃	2.03
FeO	1.38

3.41 Magnetit.

Rest der Analyse: 0.66 K₂O, 0.23 Na₂O, 0.75 CaO.

Zu wenig gefunden: 0.36 P₂O₅.

Die Analyse gab einen Überschuss von 0.82 %; es ist sehr wahrscheinlich, dass dieser in der That auf die Alkalien und auf CaO zu rechnen ist.

Der *Feldspath* besitzt durchschnittlich eine ziemlich saure Mischung; die Zusammensetzung auf 100 berechnet wäre, unter der Annahme eines einheitlich zusammengesetzten Feldspaths:

SiO ₂	63.29
Al ₂ O ₃	22.64
CaO	3.84
Na ₂ O	7.94
K ₂ O	2.29

100.00

Es ist aber sicher, dass der Feldspath nicht diese berechnete Durchschnittszusammensetzung besitzt, sondern, dass mehrere verschiedene Feldspatlmischungen im Gestein vorhanden sind. Die Hauptmasse des Feldspaths hat nämlich eine saurere Mischung als die oben berechnete Zusammensetzung; diese Hauptmasse macht ungefähr $\frac{1}{4}$ bis $\frac{1}{3}$ des gesammten Gesteins aus. Aber es sind in geringer Menge auch etwas basischere und etwas saurere Mischungen vorhanden. Dies wurde durch eine sorgfältige Separation mittels eines *Brögger'schen* Apparates durch folgende Bestimmungen nachgewiesen:

Bei der Fällung mit verdünnter Jodmethylenlösung wurde zuerst mit dem Glimmer zusammen eine Anzahl kleiner unreiner Fällungen mit schwererem (CaO-reicherem) Feldspath mit Glimmer gemischt erhalten; sodann fiel die Hauptmasse des Feldspaths heraus bei sp. Gew. 2.64—2.62; endlich fielen auch noch mehrere ganz kleine Fällungen aus bei sp. Gew. zwischen zwei Indicatoren von Albit (2.62) und Adular (2.57), namentlich bei 2.57. Es sind somit unzweifelhaft verschiedene Feldspäthe im Gestein vorhanden, und wahrscheinlich auch ein Paar Procent Orthoklas. (Zuletzt fiel eine ganz kleine Fällung von sp. Gew. ca. 2.3, Sodalith (?), aus.)

Die Hauptfällung des Feldspaths wurde (von Herrn *V. Schmelck*) besonders analysirt; die Analyse ergab:

	Abzug für Verunreinigung von Hornblende.
SiO ₂	62.32
Al ₂ O ₃	21.90
Fe ₂ O ₃	0.51
CaO	2.52
MgO	0.32
Na ₂ O	9.97
K ₂ O	1.19
Glühverlust . . .	1.59
	99.32
	3.09% Hornblende.

Im wasserfrei berechneten Rest (I) muss nun auch etwas Nephelin (sp. Gew. ca. 2.63) vorhanden sein:

	Rest I.	Abzug für Nephelin.	Rest II.
SiO ₂	61.00	3.15	57.85
Al ₂ O ₃	21.53	2.31	19.22
CaO	2.11	0.07	2.04
Na ₂ O	9.86	1.12	8.74
K ₂ O	1.14	0.35	0.79
	95.64	÷ 7.00	88.64

Auf 100 berechnet giebt dieser Rest folgende Feldspathzusammensetzung:

SiO ₂	. . . . .	65.59
Al ₂ O ₃	. . . . .	21.37
CaO	. . . . .	2.29
Na ₂ O	. . . . .	9.85
K ₂ O	. . . . .	0.90
		<hr/>
		100.00

Entsprechend dieser aus der chemischen Analyse hervorgehenden Mischung ist oben die Hauptmasse des Feldspaths (ca. 32¹/₂ %) berechnet; es ist dies die Zusammensetzung eines K₂O-führenden *Oligoklas-Albits* (cfr. *L. Sperry*, Albit von Danbury, siehe *E. S. Dana*, Min. P. 331, No. 23, (1892)). Es ist aber wahrscheinlich, dass der herrschende Feldspath in der That *etwas* mehr K₂O (und entsprechend weniger Na₂O) enthält, da die Eigenschaften desselben in optischer Beziehung sehr nahe mit denjenigen der Natronmikrokline (Anorthoklase) übereinstimmen. Durch diese Annahme würde sich zum Theil auch der Rest von K₂O (und Al₂O₃) bei der Berechnung der Bauschanalyse besser erklären. Jedenfalls ist aber der herrschende Feldspath des Gesteins ein *saurer*, relativ K₂O-arm, an Natron reicher Feldspath, welcher sich einem Oligoklas-Albit nähert. Es ist dieser Umstand für ein so basisches Gestein wie den Heumit eine recht bemerkenswerthe Thatsache.

Der tief braune, stark pleochroitische *Biotit* (Lepidomelan) ist nicht direct chemisch untersucht; seine Zusammensetzung ist berechnet, nachdem für die Hornblende, den Magnetit etc. die ihrer Zusammensetzung entsprechenden Mengen der verschiedenen einzelnen Bestandtheile abgezogen waren. Auf 100 berechnet wäre die Zusammensetzung des Biotits:

SiO ₂	. . . . .	32.35
TiO ₂	. . . . .	1.85
Al ₂ O ₃	. . . . .	7.40
Fe ₂ O ₃	. . . . .	1.39
FeO	. . . . .	23.38
MnO	. . . . .	2.86
MgO	. . . . .	16.73
CaO	. . . . .	0.92
Na ₂ O	. . . . .	1.39
K ₂ O	. . . . .	10.16
H ₂ O (F)	. . . . .	1.57
		<hr/>
		100.00

Diese Zusammensetzung erinnert an eine Lepidomelanmischung; der MgO-Gehalt ist jedoch für einen gewöhnlichen Lepidomelan etwas zu gross.

Der *Diopsid* ist in kleinen lappigen Körnchen äusserst spärlich vorhanden; er ist, nach der blaugrünen Farbe zu urtheilen, vielleicht ein Aegirindiopsid.

Die Berechnung der Analyse zeigt, dass bei der Annahme von nur ca. 5 % Nephelin und ca. $3\frac{1}{3}$ % Sodalith der gefundene Alkaligehalt zu gross erscheint; die Beobachtung der Dünnschliffe zeigt aber entschieden, dass es kaum berechtigt sein dürfte, einen höheren Gehalt dieser Mineralien anzunehmen, indem derselbe in den meisten Dünnschliffen sogar viel geringer erscheint. Es ist deshalb wahrscheinlich, dass der Überschuss der Bauschanalyse von 0.82 % in der That auf zu hohen Alkaligehalt zu beziehen sein dürfte.

Nach der obigen Rechnung sollte das Gestein somit bestehen aus:

42.41	oder ca.	$42\frac{1}{2}$ %	Feldspäthen	} 51 %.
5.00	«	5	« Nephelin	
3.38	«	$3\frac{1}{2}$ %	Sodalith	
31.04	«	31	« Hornblende	} 43 %.
1.00	«	1	« Diopsid	
10.82	«	11	« Biotit (Lepidom.)	
3.41	«	$3\frac{1}{2}$ %	Magnetit	} 6 %.
1.92	«	2	« Apatit	
0.51	«	$\frac{1}{2}$ %	Titanit	
<hr/>				
100.00				

Ausserdem geringe Spuren von *Schwefelkies*, einem *Rinkit* ähnlichen Mineral etc.

Das Gestein von Heum bietet ein bedeutendes Interesse für die vergleichende Petrographie. In chemischer Beziehung ist das Gestein nämlich, abgesehen vom Wassergehalt, ziemlich genau übereinstimmend mit dem von *Hunter* und *Rosenbusch* beschriebenen typischen Monchiquit von Santa Cruz, so genau, wie man es bei Gesteinen zweier so weit entfernter Lokalitäten nur selten finden dürfte. Wasserhaltig (a) und wasserfrei (b) auf 100 berechnet, bestehen die beiden Gesteine aus:

I. Heumit; Heum.		II. Monchiquit; Santa Cruz.		Diff.
a	b	a	b	
SiO ₂ . . .	47.10	46.48	48.10	+1.12
TiO ₂ . . .	1.75	0.99	1.02	—0.73
Al ₂ O ₃ . . .	16.42	16.16	16.72	—0.24
Fe ₂ O ₃ . . .	4.63	6.17	6.39	+1.78
FeO . . .	7.04	6.09	6.29	—0.73
MnO . . .	0.36	—	—	
MgO . . .	5.00	4.02	4.16	—0.82
CaO . . .	7.64	7.35	7.61	—0.03
Na ₂ O . . .	6.36	5.85	6.05	—0.29
K ₂ O . . .	3.47	3.08	3.19	—0.25
P ₂ O ₅ . . .	0.48	—	— (nicht best.)	
CO ₂ . . .	—	0.45	0.46	
H ₂ O . . .	0.40	4.27		
	100.65	100.00	100.91	100.00

Wie der Vergleich zeigt, ist nur in einer Beziehung ein wesentlicher Unterschied in der chemischen Zusammensetzung vorhanden, nämlich in so fern, als der Wassergehalt bei dem brasilianischen Gestein mehr als 4%, also ca. 10 mal so gross als beim norwegischen Gestein ist. Damit übereinstimmend ist das herrschende Alkali-Thonerde-Silikat des brasilianischen Gesteins entweder, wie *L. V. Pirsson* in seiner interessanten Abhandlung über die Monchiquite meint,¹ *Analcim* oder wie früher von *Rosenbusch* und *Hunter* angenommen, Glasbasis, welche aber dann nach *Pirsson's* Auseinandersetzung einer Analcimmischung entsprechen muss. Es ist in dieser Verbindung von Interesse zu sehen, dass in dem nicht wasserhaltigen norwegischen Gestein, wo sich also keine Analcimmischung bilden konnte, dennoch das Verhältniss der berechneten Mengen von Alkalien und Kalk zu Thonerde und SiO₂ in den Feldspäthen und dem Nephelin zusammen gerechnet, sehr nahe = 1:1:4 ist:

SiO ₂ . . .	32.68	0.5467		= 4.09
Al ₂ O ₃ . .	13.62	0.1335	0.1335	= 1
CaO . . .	2.80	0.0500	0.0500	} 0.1334 = 1
Na ₂ O . . .	4.60	0.0742	} 0.0834	
K ₂ O . . .	0.88	0.0092		
	<hr/> 54.58			

¹ Journal of geology B. IV, No. 6. P. 679 (1896).

Das Mengenverhältniss der Silikate der Säuren H_4SiO_4 und $H_4Si_3O_8$ ist mit anderen Worten = 1 : 1, entsprechend einem (kalkhaltigen) wasserfreien Analcimsilicat. Auf 100 berechnet ist diese Durchschnittszusammensetzung von Feldspäthen und Nephelin im Gestein:

SiO_2	. . . . .	59.88
Al_2O_3	. . . . .	24.95
CaO	. . . . .	5.13
Na_2O	. . . . .	8.42
K_2O	. . . . .	1.62

100.00

Ist in so fern einige Übereinstimmung vorhanden bei den beiden Gesteinen, so scheint sonst die Übereinstimmung der Mineralienzusammensetzung beider Gesteine ziemlich gering. Was zuerst die Hornblenden der beiden Gesteine betrifft, so scheinen die physikalischen Eigenschaften derselben zwar nach der Beschreibung von *Rosenbusch*, verglichen mit meinen Beobachtungen, ziemlich nahe übereinstimmend, indem beide tiefbraune (also sicher titanreiche) alkalihaltige Hornblenden mit geringen Auslöschungswinkeln und entsprechenden optischen Eigenschaften sind; die chemische Zusammensetzung wäre aber nach den Analysen recht verschieden, in so fern als in der von *Hunter* analysirten Hornblende der Al_2O_3 -Gehalt viel höher, der Gehalt der Eisen-Oxyde und des CaO viel geringer wäre; ebenso ist die Rolle der Alkalien vertauscht etc. Titansäure wurde der geringen Menge des Materiales wegen von *Hunter* nicht bestimmt, ist aber sicher reichlich vorhanden, wodurch die Al_2O_3 -Menge entsprechend mit einigen Procenten zu verringern wäre:

	Hornblende, Heum.	Hornblende, Santa Cruz.
SiO_2	. . . . . 40.29	35.76
TiO_2	. . . . . 4.37	(nicht bestimmt)
Al_2O_3	. . . . . 10.93	26.48
Fe_2O_3	. . . . . 7.84	14.48
FeO	. . . . . 9.70	2.80
MnO	. . . . . 0.15	—
MgO	. . . . . 9.78	11.07
CaO	. . . . . 11.83	2.94
Na_2O	. . . . . 3.19	1.49
K_2O	. . . . . 1.61	3.37
Fl	. . . . . 0.31	—
H_2O	. . . . . —	1.61
	100.00	100.00

Da aber die Analyse *Hunters* an einer ganz geringen Menge (nur 0.6 gr.) unreinen Materiales ausgeführt wurde, dürften die Unterschiede vielleicht zum Theil mehr scheinbar als wirklich sein.

Grösser sind die Unterschiede der beiden Gesteine in anderen Beziehungen. Sowohl aus der Beschreibung *Rosenbusch's* von dem Gestein von Santa Cruz als auch aus einer ungefähren Berechnung der angeführten analytischen Data ergibt sich, dass dies Gestein in ungefähr gleichen Mengen aus dem braunen Amphibol, aus Pyroxen und Analcimsilikat besteht (Olivin, Magnetit und Apatit spielen keine Rolle). Während somit ein (kalkreicher) *Pyroxen* in dem brasilianischen Gestein eine hervortretende Rolle spielt (vielleicht $\frac{1}{3}$ desselben ausmachend), ist im Heum-Gestein neben der Hornblende Pyroxen nur in ganz verschwindender Menge (kaum 1 Procent) vorhanden, während hier ein sehr *kalk-armes* Silikat, *Lepidomelan* (Biotit) neben der Hornblende reichlich auskrystallisirt ist, und der nicht in der Hornblende vorhandene CaO-Gehalt zum Feldspath gehört.

Der Monchiquit von Santa Cruz und der Heumit von Heum erweisen somit, trotz der — abgesehen vom Wassergehalt — sehr nahe übereinstimmenden chemischen Zusammensetzung im Ganzen eine auffallend geringe Übereinstimmung in ihrer Mineralienzusammensetzung. Da beide Gesteine Ganggesteine sind, in relativ engen Spalten erstarrt, sollte man a priori annehmen, dass die physikalischen Bedingungen bei der Erstarrung nicht allzu verschieden gewesen sein dürften, obwohl allerdings das brasilianische Gestein auf einer Spalte in einem fremden Nebengestein (Gneiss) erstarrt ist, während das norwegische Gestein auf einer (etwas grösseren) Spalte in dem genetisch verwandten Nephelinsyenit, zu dessen Gefolgschaft sein Magma gehörte, auskrystallisiren konnte, vielleicht deshalb unter anderen Temperaturverhältnissen (unter langsamerer Abkühlung?). Jedenfalls aber ist im Wassergehalt des Magmas beim Erstarren ein Unterschied vorhanden gewesen, auf welchen vielleicht in erster Linie der gänzlich verschiedene Verlauf bei der Mineralbildung beider Gesteine zu beziehen sein dürfte.

Dem sei, wie ihm wolle, wir werden jetzt die Schlussfolgerungen betrachten, welche mit einiger Wahrscheinlichkeit aus dem Vergleich der Mineralienzusammensetzung beider Gesteine einerseits und der chemischen Zusammensetzung derselben auf der anderen Seite gezogen werden können:

1. Beide Gesteine begleiten Nephelinsyenite, und ihre Magmen dürften aller Wahrscheinlichkeit nach aus Nephelinsyenitmagmen abgespaltet sein.

Da diese Muttermagmen, aus welchen die Abspaltung muthmaasslich stattgefunden hat, ziemlich nahe übereinstimmend gewesen sein dürften, und da zugleich das Endresultat der Abspaltung in chemischer Beziehung so nahe übereinstimmt, dürfte diese Abspaltung unter im Wesentlichen gleichartigen Umständen stattgefunden haben.

2. Auch der Wassergehalt des brasilianischen Gesteins dürfte ursprünglich im Spaltmagma des norwegischen Gesteins vorhanden gewesen sein; denn die Augit-Nephelinsyenite sind am Langesundsfjord mit einer gewaltigen Contactzone umgeben. Wenn deshalb der Wassergehalt im Gestein von Heum fehlt, kann dies dadurch erklärt werden, dass derselbe hier *vor* der langsameren Erstarrung (aus der *grösseren* Gangspalte, welche von noch nicht abgekühltem Gestein, Nephelinsyenit, umgeben war), entweichen konnte, während die Umstände bei der rascheren Erstarrung (in engerer Gangspalte, von Gneiss umgeben) dies im Monchiquit-Gang von Santa-Cruz nicht erlaubten.

Wir hätten also, nach den vorliegenden Beobachtungen als wahrscheinlich anzunehmen, dass das Heumitmagma und das Monchiquitmagma, als sie in ihre respectiven Gangspalten aufgepresst wurden, ziemlich nahe die gleiche Zusammensetzung gehabt hätten; dann müssten sie aber hier — trotz der Erstarrung beider in Gangspalten — so wesentlich verschiedenen Erstarrungsbedingungen unterlegen sein (verschiedenem Druck(?), verschiedener Abkühlungsgeschwindigkeit und damit verschiedenem Wasserverlust), dass diese allein die verschiedene Mineralienzusammensetzung erklären.

3. Wenn die obigen Annahmen richtig wären, würde daraus weiter folgen:

a) *entweder* dass die chemischen Mischungen der beiden (wasserhaltigen) Gangmagmen *nicht* aus mehr zusammengesetzten Verbindungen (wie z. B. den *Rosenbusch'schen* Kernen) bestanden haben,

b) *oder* der Umstand, dass z. B. das Ca im Monchiquit vorherrschend als Metasilikat im Pyroxen, im Heumit dagegen wesentlich als Orthosilikat im Plagioklas eingeht, müsste dadurch erklärt werden, dass die im Magma vorhanden gewesenenen mehr zusammengesetzten Verbindungen, wie dies auch *Rosenbusch* angenommen hat, wieder *vor* der Krystallisation zerfallen wären, und dann nach dem Zusammentreten der Theilmoleküle schliesslich in beiden Gangmagmen ungleichartig zusammengesetzte Mineralien als Endresultat gebildet hätten. Ein derartiges Zerfallen der zusammengesetzten Silikate hätte vielleicht mit der Abgabe von Wasser im Heumitmagma in Verbindung stehen können.

4. Eine weitere Möglichkeit wäre, dass schon von vorn herein bei der Abspaltung der beiden Gangmagmen aus den betreffenden nephelinsyenitischen Muttermagmen *verschiedene* Verbindungen aus diesen ausdifferenziert wurden, dass also unsere erste Voraussetzung in der That unrichtig gewesen wäre.

Die nahe Überstimmung der quantitativen chemischen Zusammensetzung beider Gesteine würde dann eine mehr zufällige, äussere sein, nicht auf gleichartige Differentiationsvorgänge aus nahe verwandten Magmen zu beziehen sein. Diese letztere Annahme scheint wohl a priori wenig wahrscheinlich, obwohl nicht ausgeschlossen, um so mehr, als der Monchiquit von Santa Cruz nach *Rosenbusch's* Beschreibung deutlich porphyrisch struirt ist (also Einsprenglinge mitgebracht hat, welche *vielleicht* aus anders zusammengesetztem Magma auskrystallisirt waren), während der Heunit keine Andeutung porphyrischer Structur besitzt.

So stehen wir hier beim Vergleich dieser beiden so nahe übereinstimmend zusammengesetzten Gesteine vor einer Anzahl Fragen, welche vorläufig nicht sicher beantwortet werden können; die Räthsel der Differentiationsprocesse sind noch schwierig zu entziffern. Vorläufig muss man sich deshalb damit begnügen, die verschiedenen Möglichkeiten scharf abzugrenzen.

So viel dürfte jedoch jedenfalls wahrscheinlich sein, dass *der Unterschied im Wassergehalt* eine wesentliche Rolle gespielt habe. Im Heunit konnte sich des fehlenden Wassergehalts wegen kein Analcim (wasserhaltiges Analcim-Glas?) bilden, sondern es musste sich Nephelin und Plagioklas bilden; dabei wurde im Heunit der CaO-Gehalt zum grossen Theil für die Plagioklas-Bildung verbraucht, konnte also nicht, wie im Monchiquit, zur Bildung von kalkreichem Pyroxen dienen.¹

Ein weiterer Theil des CaO-Gehaltes ist im Heunit in der kalkreichen Hornblende vorhanden, während die Hornblende des Monchiquits nach *Hunters* Analyse CaO-arm wäre; hier müssen wir an *Becke's* Auseinandersetzungen über die gegenseitigen Relationen der Hornblende- und Pyroxenbildung denken.² Im Monchiquit ist vielleicht bei der Abkühlung die Temperatur so schnell unter die Grenze für die Hornblende-bildung gesunken, dass sich, während der grösste Theil des CaO-Gehaltes noch im Magma vorhanden war, keine Hornblende bilden konnte, sondern nur Pyroxen, während im Heunit die Krystallisation wohl langsamer

¹ Cfr. *L. V. Pirsson*, «The Monchiquites» etc., Journ. of geol. B. IV, P. 687 (1896).

² *F. Becke*, Gesteine des Columbrete, Min. & petrogr. Mitth. B 16, P. 327, ff.

unter höherer Temperatur, bei welcher sich bei den herrschenden Druckverhältnissen nur Hornblende bilden konnte, stattgefunden hat.

Nun kann man sagen, das vorgelegte Beispiel zweier Gesteine mit übereinstimmender chemischer und dabei verschiedener mineralogischer Zusammensetzung ist ja doch nur ein weiteres Beispiel für eine auch früher hinreichend bekannte Thatsache, welche namentlich von *Iddings* bei seinem Vergleich der chemischen und mineralogischen Zusammensetzung der Minetten und Kersantite einerseits und entsprechender Leucit- und Nephelin-Gesteine andererseits hinreichend hervorgehoben wurde.¹ Es muss aber erinnert werden, dass in *Iddings* Tabellen erstens keine zwei so nahe übereinstimmenden Gesteine zusammengestellt werden konnten, zweitens dass der Vergleich hier einerseits in Gangspalten, andererseits als effusive Ergussgesteine — also unter gänzlich *verschiedenen* physikalischen Verhältnissen — erstarrten Gesteinen galt, während im vorliegenden Falle zwei Ganggesteine von muthmasslich der Hauptsache nach übereinstimmender Bildung fast gleiche chemische und dennoch gänzlich verschiedene mineralogische Zusammensetzung aufweisen.

Heumit von Brathagen.

In der Nähe der Häuser des Hofes Brathagen im Lougenthal (zwischen Laurvik und der Pferdestation Gjona) setzt an der Westseite der Landstrasse ein dunkler Gang, N.—S. streichend und nur 30 bis 35 Centimeter mächtig, in trachytoid struirtem hellgrauem Foyait auf.

Das Gestein des kleinen Ganges ist dunkel violetschwarz (oder bräunlich schwarz), feinkörnig schimmernd, zum Theil mit kleinen (2—3 Mm. grossen) runden hellen Flecken in der dunklen Masse; porphyrartige Einsprenglinge fehlen vollständig.

Unter dem Mikroskop sieht man, dass das Gestein vorherrschend aus *Alkalifeldspath* (und wenig *Plagioklas*), und einer grünlich *braunen Hornblende* sammt dunklem *Biotit* besteht; untergeordnet sind auch *Cancrinit*, *Titanit*, *Apatit* und in ganz geringer Menge *Aegirindiopsid*, *Eisenkies*, sammt Spuren von *Magnetit* und einem *Mosandrit* (oder

¹ Siehe *I. P. Iddings* «The origin of igneous rocks», Phil. soc. of Washington, Bull. Vol. XII (1892), namentlich P. 172—178. Siehe auch *H. Bäckström*, Geol. För. Förhand. B. 18, P. 162 ff., ferner *L. V. Pirsson*, «The Monchiquites» in Journ. of geol. B, IV, P. 690 (1896), und «Geol. of the Castle mountain mining district», Bull. of U. S. geol. Surv. No. 139, P. 131 (Basalt und Lamprophyr). (1896).

Rinkit) ähnlichen Mineral vorhanden; als wahrscheinlich sekundäres Produkt Kalkspath. Nephelin konnte nicht sicher nachgewiesen werden.

Die *Structur* des Gesteins ist feinkörniger als im Gestein von Heum und erinnert mehr an die Structur der Natronminetten von Håö und Asbjörnsröd als an diejenige des Heumgesteins; es ist der Hauptsache nach eine allotriomorphe Structur, aber mit Andeutung idiomorpher Ausbildung, namentlich bei den Feldspathindividuen, welche häufig kürzere oder längere rektanguläre Schnitte zeigen, doch mit unregelmässiger zackiger Seitenbegrenzung; sie sind grösser als die Hornblende- und Biotit-Körnchen und liegen in allen Richtungen durch einander. Die drei Hauptmineralien sind offenbar in grosser Ausdehnung gleichzeitig gebildet. — Eine Art centrischer Structur entsteht durch die oben erwähnten runden hellen *ocelli*, welche etwas ungleichmässig im Gestein vertheilt, stellenweise ziemlich dicht beisammen liegen, oft 5 bis 10 auf 1 cm.² im Präparat.

Diese ocelli sind durch starkes Vorherrschen der *hellen* Gesteinsgemengtheile (wobei Hornblende und Biotit ganz untergeordnet sind) charakterisirt; auch sind die Feldspathkörner hier oft grösser, der Plagioklas ist reichlicher als im übrigen Gesteinsgemenge, und grössere Titanitkörner und Körnchen von Apatit und Eisenkies sind fast nur in diesen ocelli vorhanden; die Mitte derselben pflegt in der Regel von einem oder mehreren Kalkspathkörnchen eingenommen zu werden, welche theils als Zwischenklemmungsmasse (letzte Füllung miarolithischer Räume?) zwischen Krystallecken von Feldspath, Titanit, Eisenkies oder Hornblende etc., theils bisweilen als scheinbar gleichzeitig mit diesen Mineralien gebildet in allotriomorphem Korngemenge auftreten. Da alle Mineralien frisch sind, scheint der Kalkspath nicht als ein rein sekundäres Zersetzungsproduct angesehen werden zu können. Der Cancrinit kommt auch in diesen ocelli vor, bildet aber häufiger poikilitische Flecken im Dünnschliff in den Zwischenpartien zwischen denselben, wo also die dunklen Gesteinsgemengtheile (Hornblende und Biotit) stark angehäuft sind. Er zeigt alle Merkmale einer primären Bildung.

Das starke Vorherrschen der accessorischen Mineralien, Titanit, Apatit und Eisenkies, sowie des Plagioklases in den ocelli, bestätigt die Auffassung derselben als *centrische* Bildungen, deren Auskrystallisiren relativ früh angefangen hat. Es ist dabei die Armuth derselben an Hornblende und Biotit recht auffallend, ein Verhältniss, welches aber ganz analog auch bei dem Heumit von Heum wiederkehrt, während in den ocelli der Natronminetten umgekehrt die dunklen Mineralien (namentlich Aegirindiopsid und Lepidomelan) ganz vorherrschend sind.

Es wäre allerdings auch noch eine andere Auffassung dieser hellen ocelli in den Heumiten von Heum und Brathagen sowie der dunklen ocelli der Natronminetten möglich, obwohl ich keinen Beweis dafür liefern kann, nämlich dass sie als *magmatische Pseudomorphosen* früherer, vollständig zerstörter Mineralien aufzufassen wären. Falls diese Auffassung richtig wäre, läge es nahe daran zu denken, dass die runden hellen ocelli der Heumite die Umwandlungsreste früher vorhandener Krystalle von *Analcim* (cfr. *Pirsson's* Auffassung der Monchiquite) wären. Umgekehrt wäre es vielleicht möglich, dass die wesentlich aus Aegirindiopsid und Lepidomelan bestehenden dunklen ocelli der Natronminetten als Pterolith-ähnliche Umwandlungsreste von Hornblendern (Barkevikit) aufzufassen wären. Da in beiden Fällen keine Reste der ursprünglichen Mineralien erhalten sind, lässt sich aber, wie gesagt, eine derartige Auffassung nicht sicher beweisen.

Ehe wir die einzelnen Gesteinsminerale etwas näher besprechen, soll zuerst die *chemische Zusammensetzung* des Gesteins erwähnt werden. Die folgende Analyse des Gesteins der *Gangmitte* des kleinen Ganges wurde von Herrn Dr. O. Heidenreich im chemischen Laboratorium des Herrn L. Schmelck ausgeführt; zum Vergleich ist die Analyse des Heumits von Heum nebenbei wiederholt:

	Heumit, Brathagen.	Heumit, Heum.
SiO ₂	48.46	47.10
TiO ₂	3.05	1.75
Al ₂ O ₃	16.81	16.42
Fe ₂ O ₃	1.46	$\left. \begin{array}{l} 4.63 \\ 7.04 \\ 0.36 \end{array} \right\} \begin{array}{l} \text{Entspr.} \\ 11.74 \\ \text{Fe}_2\text{O}_3 \end{array}$
FeO	9.14	
MnO	Spur	
MgO	4.44	5.00
CaO	6.14	7.66
Na ₂ O	6.31	6.36
K ₂ O	2.33	3.47
H ₂ O (Glühv. ÷ CO ₂) .	0.59	0.40
P ₂ O ₅	0.67	0.48
CO ₂	1.28	—
	100.68	100.67

Der Unterschied der chemischen Zusammensetzung beider Gänge ist, wie man sieht, nur relativ unbedeutend, indem die Differenz für keinen Bestandtheil (die Fe-Mn-Oxyde als Fe₂O₃ gerechnet) grösser als 1¹/₂ 0/0 ist.

Bei der Berechnung der Analyse bin ich von der wahrscheinlichen Voraussetzung ausgegangen, dass der Biotit und der Pyroxen dieselbe Zusammensetzung wie im Gestein der später zu besprechenden Grenzzone des Ganges besitzen. Die Hornblende muss eine an Alkalien und TiO_2 reiche, der Barkevikitreihe sich anschliessende Hornblende sein. Übrigens ist die Berechnung der Zusammensetzung des Gesteins und der einzelnen Mineralien auf Schätzung der Mengenverhältnisse derselben unter dem Mikroskop gestützt:

SiO_2	22.54	}	40.48 % Feldspath.
Al_2O_3	6.45		
Na_2O	3.89		
	32.88 $\text{Na}_2 \text{Al}_2 \text{Si}_6 \text{O}_{16}$		
SiO_2	1.93	}	40.48 % Feldspath.
Al_2O_3	1.65		
CaO	0.91		
	4.49 $\text{Ca Al}_2 \text{Si}_2 \text{O}_8$		
SiO_2	2.00	}	40.48 % Feldspath.
Al_2O_3	0.58		
K_2O	0.53		
	3.11 $\text{K}_2 \text{Al}_2 \text{Si}_6 \text{O}_{16}$		
SiO_2	2.32	}	6.02 Cancrinit.
Al_2O_3	1.72		
CaO	0.24		
Na_2O	1.08		
H_2O	0.30		
CO_2	0.36		
	6.02 Cancrinit.		
SiO_2	11.71	}	28.22 Hornblende.
TiO_2	0.90		
Al_2O_3	3.82		
Fe_2O_3	0.95		
FeO	4.35		
MgO	3.36		
CaO	1.95		
Na_2O	0.84		
K_2O	0.34		
	28.22 Hornblende.		

(berechnet aus 1.54 % $\text{Na}_2\text{Fe}_2\text{Si}_4\text{O}_{12}$, 0.91 % $\text{MgFe}_2\text{SiO}_6$, 7.97 % $(\text{Mg, Fe})\text{Al}_2\text{SiO}_6$, 16.10 % $(\text{Mg, Fe})_3\text{CaSi}_4\text{O}_{12}$ und 1.80 % $(\text{Na, K})_2\text{SiO}_3$, wobei auch 0.67 SiO_2 von 0.90 TiO_2 ersetzt angenommen ist).

SiO_2	0.52
Al_2O_3	0.07
Fe_2O_3	0.12
FeO	0.04
MgO	0.11
CaO	0.14
Na_2O	0.04
<hr/>	
	1.04 Aegirindiopsid.

SiO_2	6.27
TiO_2	0.38
Al_2O_3	2.52
Fe_2O_3	0.39
FeO \& MnO	4.45
MgO	0.88
CaO	0.03
Na_2O	0.46
K_2O	1.47
H_2O	0.60
<hr/>	
	17.45 Biotit.

SiO_2	1.17
TiO_2	1.57
CaO	1.08
<hr/>	
	3.82 Titanit.

P_2O_5	0.67
CaO	0.86
F	0.11
<hr/>	
	1.64 Apatit.

Fe	0.23 (entspr. 0.30 FeO)
S	0.27
<hr/>	
	0.50 FeS_2 .

CO_2	0.92
CaO	1.16
<hr/>	
	2.08 CaCO_3 .

Rest der Analyse: 0.20 TiO_2 , 0.09 MgO .

Zu wenig gefunden: 0.23 CaO , 0.69 (H_2O , F, S).

Auf die äusserst geringen Spuren von Magnetit, einem Rinkit (oder Mosandrit-)ähnlichen Mineral etc. wurde keine Rücksicht genommen.

Der *Feldspath* des Gesteins gehört nach der Untersuchung unter dem Mikroskop nicht einer einzigen Mischung. Sicher ist Plagioklas und zwar Andesin vorhanden; dieser macht jedoch, wie es scheint, nur einen relativ geringen Theil des Feldspaths aus. Übrigens scheint viel reichlicher Natronmikroclin und Natronorthoklas vorhanden; ob auch Kaliorthoklas vorhanden ist, muss dahin stehen. Nach der obenstehenden Berechnung kann man vielleicht annehmen, dass

4.66 % Ab_3An_2 (mit 2.68 SiO_2 , 1.26 Al_2O_3 , 0.41 CaO , 0.31 Na_2O)

und

35.82 % Natronmikroclin und Orthoklas (mit 23.79 SiO_2 , 7.42 Al_2O_3 , 0.50 CaO , 3.58 Na_2O und 0.53 K_2O)

vorhanden sind.

Die letztere Mischung entspricht einem Feldspath von der Zusammensetzung a, während in b die durch besondere Analyse gefundene Zusammensetzung des herrschenden Feldspaths des Heumits von Heum dargestellt wird:

	a	b
SiO_2	66.42	65.59
Al_2O_3	20.71	21.37
CaO	1.39	2.29
Na_2O	9.99	9.85
K_2O	1.49	0.90
	<hr/> 100.00	<hr/> 100.00

Die *Hornblende* des Heumits von Brathagen ist eine eigenthümliche Alkali-Hornblende, welche sich den Barkevikiten anschliesst; die Bauschanalyse ergibt bestimmt, dass sie reich an TiO_2 sein muss, ebenso an FeO . Vielleicht ist der letztere Umstand die Ursache der eigenthümlichen Absorptionsfarbe für c, welche bräunlich grün ist, während für b die braune Farbe vorherrscht (a ist strohgelb). Die Auslöschung in Längsschnitten ungefähr nach (010) nicht grösser als $15-22^\circ$. Nach der oben versuchten Berechnung sollte die Zusammensetzung ungefähr die folgende sein (a); zum Vergleich ist die sicher etwas verschiedene, analysirte barkevikitische Hornblende des Heumits von Heum (b) nebenbei angeführt:

	a	b
SiO ₂	41.49	40.29
TiO ₂	3.19	4.37
Al ₂ O ₃	13.53	10.93
FeO ₃	3.37	7.84
FeO & MnO . . .	15.42	9.70 (+ 0.15 MnO)
MgO	11.91	9.78
CaO	6.91	11.83
Na ₂ O	2.98	3.19
K ₂ O	1.20	1.61
F.	—	0.31
	100.00	100.00

Diese berechnete Zusammensetzung dürfte nur wenig von der wahren entfernt sein.

Die Zusammensetzung des *Biotits* wäre, auf 100 berechnet, die unter (a) angeführte; zum Vergleich ist die berechnete Mischung des Biotits von Heumit, Heum (b), sowie des Biotits im Aegirin-Glimmer-Sölvbergit (c) von Kjöse-Äklungen nebenbei angeführt:

	a	b	c
SiO ₂ . . .	35.93	32.35	35.35
TiO ₂ . . .	2.18	1.85	2.82
Al ₂ O ₃ . . .	14.44	7.40	14.23
Fe ₂ O ₃ . . .	2.23	1.39	2.53
FeO & MnO	25.50	26.24 (hierin 2.86 MnO)	25.07 (hierin 2.53 MnO)
MgO . . .	5.07	16.73	4.93
CaO . . .	0.17	0.92	—
Na ₂ O . . .	2.63	1.39	1.40
K ₂ O . . .	8.42	10.16	10.28
H ₂ O, F . .	3.43	1.57	3.39
	100.00	100.00	100.00

Die Zusammensetzung kann natürlich nur annäherungsweise richtig sein; sicher ist in beiden Fällen, wie aus den Bauschanalysen geschlossen werden kann, dass der Gehalt an FeO sehr gross, an Fe₂O₃ klein sein muss. Eine Controlle der Berechnung liegt in dem Umstand, dass die Mischung (a) ebenfalls für das unten erwähnte Sölvbergit ähnliche Grenzgestein bei der Berechnung der Bauschanalyse dieses Gesteins angenommen werden muss, indem derselbe Glimmer hier das herrschende dunkle Mineral ist. Der Biotit des Gesteins ist ganz frisch, unter dem

Mikroskop mit brauner (grünlich brauner) Absorbtionsfarbe in basischem Schnitte, nicht allzu stark pleochroitisch und beinahe einachsigt. Er ist vollständig gleich dem Biotit der glimmerführenden Sölvbergite.

Der *Pyroxen*, ein hellgrüner Aegirindiopsid, in kleinen Körnchen, ist aus der Berechnung des entsprechenden Pyroxens des Grenzgesteins berechnet; seine Mischung wäre auf 100 berechnet:

SiO ₂	50.24
Al ₂ O ₃	6.18
Fe ₂ O ₃	11.50
FeO.	3.87
MgO	10.05
CaO.	13.92
Na ₂ O	4.24

100.00

(vergleiche z. B. den mit Aegirin gemischten Aegirindiopsid des Sernaits von Elfdalen nach *Mann's* Analyse, Neues Jahrb. für Min. 1884, II). Er fehlt im Gestein der Gangmitte in manchen Präparaten vollständig.

Der Heumit aus der Gangmitte des Ganges von Brathagen dürfte nach der obigen Berechnung bestehen aus ungefähr:

	Heumit; Brathagen.		Heumit; Heum.	
Feldspäthe. . .	ca. 40	}	ca. 42 ¹ / ₂	}
Nephelin . . .	—		« 5	
Sodalith . . .	—		« 3 ¹ / ₂	
Cancrinit . . .	« 6		—	
Hornblende . .	« 28	}	« 31	}
Pyroxen . . .	« 1		« 1	
Biotit	« 17 ¹ / ₂		« 11	
Titanit	« 3 ¹ / ₂		« 1 ¹ / ₂	
Apatit	« 1 ¹ / ₂	}	« 2	}
Eisenerz . . .	« 1 ¹ / ₂		« 3 ¹ / ₂	
Kalkspath . . .	« 2		—	
	100.00		100.00	

Die Mineralienzusammensetzung ist in den grossen Hauptzügen, wie man sieht, bei beiden Vorkommen ziemlich nahe übereinstimmend.

Was nun die systematische Stellung der Gesteine, welche oben mit dem Namen Heumit bezeichnet wurden, betrifft, so ist schon hinreichend dargelegt, dass dieselben mit keinem früher beschriebenen Gestein übereinstimmen. Chemisch ist also ihre Mischung, abgesehen vom Wassergehalt, nahe übereinstimmend mit derjenigen des Monchiquits. Mineralogisch und zum Theil chemisch schliesst sich ihre Zusammensetzung derjenigen der Natronminetten (und der Kersantite) an, indem dunkle Mineralien, namentlich Hornblende (braun) und eisenreicher Glimmer vorherrschen. Der Nephelingegehalt (oder Cancrinitgehalt) dieser Gesteine ist aber den Minetten und Kersantiten fremd und findet auch seinen Ausdruck in dem höheren Alkali-, namentlich Na_2O -Gehalt. Die Structur ist Minette-ähnlich, und namentlich gar nicht porphyrtartig.

Verwandte aber nicht identische Ganggesteinstypen sind aus mehreren Nephelinsyenitgebieten beschrieben; so haben *v. Kraatz-Koschlan* und *Hackmann* in ihrer in dieser Arbeit öfters citirten trefflichen Abhandlung über das portugisische Nephelinsyenitgebiet unter dem Namen: *camptonitischer Tinguait* von Corte Grande und *Nephelintephrit* von Fornalhas zwei Ganggesteine beschrieben, welche, obwohl distinct verschieden, dennoch gewisse Verwandtschaftsbeziehungen theils zu den eben beschriebenen Heumiten, theils zu den unten näher erwähnten Natronminetten aus Südnorwegen zeigen. Die folgenden Analysen werden einerseits die Analogien, andererseits die Unterschiede zeigen (zum näheren Vergleich sind die Fe- und Mn-Oxyde als F_2O_3 berechnet):

	Heumit; Heum.	Heumit; Brathagen.	Nephelin- tephrit; Fornalhas.	Camp.-Tinguait; Corte Grande.	Natron- minette Häö.	Natron- minette Brathagen.
SiO_2	47.10	48.46	48.05	51.94	51.95	51.22
TiO_2	1.75	3.05	2.60	3.30	1.95	1.70
Al_2O_3	16.42	16.81	18.65	16.66	14.95	17.56
Fe_2O_3	12.95	11.74	8.50	6.92	10.84	8.62
MgO	5.00	4.44	2.28	3.81	3.54	3.22
CaO	7.64	6.14	7.50	4.81	6.10	4.52
Na_2O	6.36	6.31	6.19	7.53	5.43	5.72
K_2O	3.47	2.33	5.16	5.16	4.45	4.37
	9.83		11.35		9.88	
	8.64		13.16		10.09	

So geringfügig diese Unterschiede auch beim ersten Anblick erscheinen, geben sie doch den Ausdruck für wesentlich verschiedene Mineralienzusammensetzung, indem der höhere Gehalt von Fe-Oxyden und MgO bei den norwegischen Gesteinen ein Vorherrschen der dunklen Mineralien im Gesteinsgemenge bedingt, wobei der Gehalt an Feldspath ersetzenden Silikaten (Nephelin, Cancrinit, Sodalith) ganz gering ist oder

fehlt, während bei den portugisischen Gesteinen mit ihrem höheren Alkaligehalt entweder der Nephelengehalt wesentlich ist oder doch der Gehalt der hellen Mineralien des Gesteins überhaupt vorherrscht. Am nächsten scheint von diesen Gesteinen, trotz des grösseren chemischen Unterschiedes das Gestein von Corte Grande verwandt, indem bei diesem wie im Heumit barkevikitische Hornblende reichlich und Nephelin nur spärlich vorhanden ist; doch wird ausdrücklich hervorgehoben, dass die Feldspathgemengtheile stark vorherrschen.

Da die Ganggesteine von Heum und Brathagen somit einen gut abgegrenzten neuen Gesteinstypus bilden, habe ich es meiner Auffassung gemäss richtig gefunden für dieselben einen neuen Namen vorzuschlagen und habe dazu den Namen *Heumit* nach dem am meisten charakteristischen Vorkommen gewählt.

Die Heumite können kurz als Übergangsglieder zwischen den Natronminetten und den Camptoniten bezeichnet werden und zeigen sich als solche auch in der Ganggefolgschaft des Laurdalits bei den Vorkommen des Lougenthales.

Ganggrenze des Heumitganges von Brathagen.

Obwohl der Heumitgang von Brathagen an der Stelle der Landstrasse, wo er entblösst ist, nur die geringe Mächtigkeit von 30—35 cm. besitzt, zeigt dennoch die Grenzzone des Ganges an beiden Seiten desselben einen stark hervortretenden Unterschied von dem Gestein der Gangmitte.

Dies Gestein der Ganggrenze ist dasselbe, welches von einem Prellstein an der Landstrasse in der Nähe des anstehenden Ganges im Jahre 1889 von Prof. A. *Andreæ* gesammelt und von ihm¹ als ein neuer Gesteinstypus unter dem Namen *Glimmertinguait* beschrieben wurde. Später (1894) erwähnte ich dasselbe Gestein gelegentlich der Beschreibung der Gesteine der Grorudit-Tinguait-Serie,² ohne dass ich damals noch darauf aufmerksam war, dass *Andreæ's* Glimmertinguait nichts weiter als die eigenthümlich ausgebildete Grenzfacies des erst später genauer untersuchten Heumitganges von Brathagen ist. Erst im letzten Herbst

¹ «Über Glimmertinguait, einen neuen Gesteinstypus», Verh. d. naturf. u. med. Vereins zu Heidelberg, 7. März 1890.

² L. c. P. 115—118.

(1896) sammelte ich an Ort und Stelle ein genügendes Material, welches erlaubte, diesen Zusammenhang sicher festzustellen.

Andrea's Material war nur aus dem Wegstein gesammelt, in welchem nur ca. 10 cm. der Grenzzone des Ganges erhalten war. Er fand das Gestein bestehend aus *orthotomem Feldspath*, *Nephelin*, einem *biotitischen Glimmer* mit ein wenig *Hornblende* («Riebeckit?»), einigen Körnchen von *Ainigmatit*, ferner *Apatit*, *Sodalith*, *Magnetit*- oder *Titaneisen*, und sekundär *Thomsonit* und *Kalkspath*, endlich in reichlicher Menge Körnchen eines unbestimmten, stark lichtbrechenden Minerals.

Als ich 1894 das Gestein untersuchte, konnte ich weder die genannten Hornblendemineralien noch den Sodalith entdecken; dagegen fand ich in meinen Präparaten reichlich einen hell grünen *Aegirindiopsid* in kurzen dicken unregelmässigen Körnchen oder in mit Biotit angehäuften Aggregaten. Ebenso beobachtete ich *Cancrinit* und Spuren von Schwefelkies, und bestimmte den Feldspath als zum Theil dem Natronmikroklin (Anorthoklas) zugehörend; das starke lichtbrechende Mineral *Andrea's* erkannte ich als *Titanit*, neben welchem Zirkon als grosse Seltenheit beobachtet wurde.

Rosenbusch fand¹ ebenfalls keine Hornblende (doch etwas lappigen Ainigmatit), sondern nur Aegirinaugit und Biotit neben dem Feldspath, welchen er auch als Natronmikroklin erkannte; er bemerkt mit Recht, dass die Zusammensetzung des Gesteins schwanken muss.

Das ist nämlich der Fall; diese Grenzzone zeigt eine parallelbänderige Structur und die einzelnen Bänder variiren in ihrer Mineralienzusammensetzung. Vom Gestein der Gangmitte unterscheidet sich das Gestein der Grenzzone schon makroskopisch durch fast dichte Structur und durch seine deutlich dunkel grüngraue Farbe, während das Hauptgestein *violettbräunlich* schwarz gefärbt ist. Es ist zweifelsohne im ersten der grüne Aegirinaugit, im zweiten die dunkelbraune Hornblende, welche hier die Farbennuance entscheidet.

Ich werde zuerst die verschiedenen Bänder des Grenzgesteins, so wie sie sich in einem grossen (ca. 7 cm., senkrecht zur Grenzfläche; die Breite, ca. 5 cm., parallel derselben) Dünnschliff zeigen, nach der Untersuchung unter dem Mikroskope beschreiben.

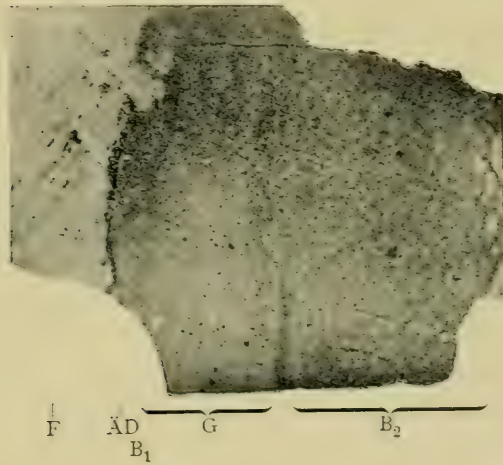
Die Grenzlinie gegen das Nebengestein (Foyait) ist nicht geradlinig, sondern zickzackförmig aus- und eingebuchtet. Längs der unmittelbaren Grenze selbst ist zuerst eine öfters unterbrochene ganz schmale nur ca. $\frac{1}{4}$ bis $\frac{1}{2}$ mm. breite Zone, welche fast ausschliesslich aus ganz kleinen

¹ Mikr. Phys. 3. Aufl. B. II P. 482 (1896).

Zu S. 114 u. 115.

Ganggrenze des Heumitganges von Brathagen.

(Nach Photographie eines grossen Dünnschliffs; $\frac{1}{1}$).



Links oben Foyait (weiss) mit zickzackförmiger Grenze gegen Heumit.

ÄD; dünne Grenzzone von Aegirindiopsid und B₁ (rechts) Biotit. ($\frac{1}{2}$ — $1\frac{1}{2}$ mm.)

G Mehrmals wechselnde gestreifte Zonen von Aegirindiopsid mit Feldspath etc. (siehe P. 115) zusammen $2\frac{1}{2}$ cm. mächtig.

B₂ Zone mit Biotit als vorherrschendes Mineral neben dem Feldspath; ca. 3 cm.

Körnchen von hellgrünem Aegirindiopsid besteht; dann folgt eine ungefähr 1 mm. dicke Zone von unzähligen kleinen Biotitschuppen, stellenweise mit Körnchen von grünbrauner Hornblende, Aegirindiopsid und Titanit gemengt; ganz vereinzelt liegen in diesem eisenreichen Gemenge langleistenförmige Schnitte von Feldspath mit Zwillingssstreifung nach (010) einsprenglingartig vertheilt. — Nun folgt in ungefähr 2½ cm. Breite eine gestreifte Zone, welche anfänglich noch sehr reich an Aegirindiopsid in kleinsten Kornaggregaten ist, nach und nach aber mit reichlicherer Einmischung von Feldspath, und in dünnen abwechselnden Zonen mehr vorherrschend Biotit und grünbraune Hornblende als Aegirinaugit; ausserdem findet sich in innigstem Gemenge mit den genannten Mineralien ein wenig Titanit, Cancrinit, Apatit, Eisenkies, und stellenweise Nephelin und ein isotropes schwach lichtbrechendes Mineral, das ich für Sodalith halten möchte. In dem sehr feinkörnigen bunten Gemenge aller dieser Mineralien liegen etwas grössere tafelförmige Schnitte von Feldspath (Plagioklas, Natronmikrokin, orthotomer Feldspath) porphyrtartig eingestreut. Auch diese Feldspäthe sind sehr unrein mit unzähligen, oft zonar angeordneten Einschlüssen namentlich der kleinen Aegirinaugitkörnchen und des Biotits, und sie sind oft (magmatisch) umgewandelt, wobei sie von Sodalith (?), Cancrinit, Kalkspath wie zellig durchlöchert erscheinen. Die Structur ist sehr eigenthümlich, abgesehen von den porphyrtartigen Feldspäthen, etwas an die Structur contactmetamorphosirter Gesteine erinnernd.

Während die Hauptmineralien in diesen zusammen ca. 2½ cm. breiten Zonen noch Feldspath und Aegirindiopsid mit untergeordnetem Biotit sind, ist in der folgenden Zone von ca. 3 cm. bis 5 cm. der Biotit neben dem Feldspath schon das herrschende dunkle Mineral (Hornblende ist in beiden Fällen ganz untergeordnet); nach innen zu wird nun das Korn gleichmässig grösser, die porphyrtartige Ausbildung verliert sich nach und nach ganz, die Structur geht allmählich über in die minetteähnliche Structur des Heumits der Gangmitte mit allotriomorph begrenzten Feldspathkörnern in einem Gemenge, in welchem sich mehr und mehr die grünbraune barkevikitische Hornblende geltend macht, bis das Gestein nach der Gangmitte hin die oben beschriebene Structur und Zusammensetzung des Heumits annimmt.

Da es von Interesse schien zu erfahren, welche Unterschiede in chemischer Beziehung das Gestein der Grenzzonen im Vergleich mit dem Hauptgestein zeigen würde, liess ich aus einem Handstück, welches nur die der Grenzfläche am nächsten liegenden ungefähr 4 cm. des Grenzgesteins enthielt, eine Bauschanalyse ausführen; dieselbe umfasste

also dennoch mehrere Zonen des Grenzgesteins, in allen war jedoch in dem analysirten Handstück fast keine Spur von Hornblende.

Die von Herrn *V. Schmelck* ausgeführte Analyse gab das unten angeführte Resultat; nebenbei ist zum Vergleich die Analyse des der Mineralienzusammensetzung nach in mehreren Beziehungen verwandten Aegirin-Glimmer-Sölvbergits von Kjöse-Äklungen angeführt:

Ganggrenze von Heumit; Brathagen.		Sölvbergit; Kjöse-Äklungen.	
SiO ₂	57.00	58.90	
TiO ₂	0.55	0.40	
Al ₂ O ₃	18.03	17.70	
Fe ₂ O ₃	1.33	3.94	Entspr. 5.29 Fe ₂ O ₃
FeO	3.52		
MnO	0.49	0.55	6.60 Fe ₂ O ₃
MgO	1.53	0.54	
CaO	3.55	1.05	
Na ₂ O	7.53	7.39	
K ₂ O	3.89	5.59	
H ₂ O	1.30	1.90	
P ₂ O ₅	0.41	Spur	
CO ₂	1.05	—	
100.18		100.33	

Der wesentliche Unterschied liegt im geringeren K₂O-Gehalt und bei weitem grösseren CaO-Gehalt bei dem Grenzgestein des Brathagenganges. Dieser CaO-Gehalt ist etwas zu hoch für typische Glieder der Grorudit-Tinguait-Serie, obwohl das Gestein sonst deutlich ein Übergangsglied zu dieser Serie bildet.

Die unten versuchte Berechnung des Gesteins zeigt, dass die basischen Na-Al-Silikate: Cancrinit und Nephelin nur ganz untergeordnet vorhanden sein können, was auch mit der Beobachtung unter dem Mikroskope stimmt. Es ist demnach, wenn wir unter der Gruppe der Tinguait alkali-reiche (*nephelinreiche*), an MgO und CaO arme Ganggesteine zusammenfassen wollen, nicht wohl berechtigt, das Gestein als einen Tinguait aufzufassen; näher schliesst es sich dann seiner chemischen und mineralogischen Zusammensetzung nach den nephelinarmen Sölvbergiten an, ist aber, wie sein Vorkommen als Grenzfacies eines kleinen Ganges zeigt, kein selbständiges Gestein, welches verdient mit eigenem Namen belegt zu werden, was um so mehr aus der unten näher berührten wahrscheinlichen Bildungsweise desselben hervorgeht.

Die versuchte Berechnung der Mineralienzusammensetzung des analysirten Gesteins führte zu folgendem Resultat:

SiO ₂	33.32	}	68.92 % Feldspäthe.
Al ₂ O ₃	9.50		
Na ₂ O	5.74		
	<hr/> 48.56 Na ₂ Al ₂ Si ₆ O ₁₆		
SiO ₂	1.99	}	68.92 % Feldspäthe.
Al ₂ O ₃	1.69		
CaO	0.92		
	<hr/> 4.60 Ca Al ₂ Si ₂ O ₅		
SiO ₂	10.20	}	68.92 % Feldspäthe.
Al ₂ O ₃	2.89		
K ₂ O	2.67		
	<hr/> 15.76 K ₂ Al ₂ Si ₆ O ₁₆		
SiO ₂	1.16	}	2.98 Cancrinit.
Al ₂ O ₃	0.86		
CaO	0.12		
Na ₂ O	0.54		
H ₂ O	0.12		
CO ₂	0.18		
	<hr/> 2.98 Cancrinit.		
SiO ₂	0.90	}	1.98 Nephelin.
Al ₂ O ₃	0.66		
CaO	0.01		
Na ₂ O	0.32		
K ₂ O	0.09		
	<hr/> 1.98 Nephelin.		
SiO ₂	4.15	}	8.26 Aegirindiopsid.
Al ₂ O ₃	0.51		
Fe ₂ O ₃	0.95		
FeO	0.32		
MgO	0.83		
CaO	1.15		
Na ₂ O	0.35		
	<hr/> 8.26 Aegirindiopsid.		

(berechnet aus 2.70 % $\text{Na}_2\text{Fe}_2\text{Si}_4\text{O}_{12}$, 4.58 % $(\text{Fe}, \text{Mg})\text{CaSi}_2\text{O}_6$ und 0.98 % $\text{MgAl}_2\text{SiO}_6$).

SiO_2	5.02
TiO_2	0.30
Al_2O_3	2.02
Fe_2O_3	0.36
FeO	3.20
MnO	0.36
MgO	0.70
CaO	0.02
Na_2O	0.36
K_2O	1.18
H_2O	0.50

14.00 Biotit.

SiO_2	0.26
TiO_2	0.35
CaO	0.24

0.85 Titanit.

P_2O_5	0.41
CaO	0.53
F	0.07

1.01 Apatit.

CO_2	0.45
CaO	0.57

1.02 CaCO_3 .

Rest der Analyse: 0.22 Na_2O ; 0.73 H_2O .

Zu wenig gefunden: 0.05 K_2O ; 0.08 Al_2O_3 .

Der *Feldspath* sollte unter der Voraussetzung, dass nur eine bestimmte Feldspathmischung vorhanden sei, was jedoch sicher nicht der Fall ist, folgende Zusammensetzung eines kalkhaltigen Natronkali-Feldspathes haben:

SiO ₂	66.03
Al ₂ O ₃	20.43
CaO	1.34
Na ₂ O	8.32
K ₂ O	3.88
	<hr/> 100.00

Diese Mischung ist etwas K₂O-reicher (und entsprechend Na₂O-ärmer) als diejenige des Hauptfeldspaths im Heumit der Gangmitte, was auch mit dem relativ grösseren K₂O-Reichthums des Gesteins der Ganggrenze im Einklang steht.

Die Zusammensetzung des *Biotits* und des *Aegirindiopsids* ist dieselbe, wie im Heumit der Gangmitte für dieselben Mineralien angenommen.

Auf die äusserst geringen Spuren von *Hornblende*, *Zirkon*, *Eisenerz* und *Sodalith* etc. ist keine Rücksicht genommen. *Ainigmatit* und *Riebeckit* (?), welche Mineralien von *Andreæ* erwähnt werden, habe ich überhaupt nicht nachweisen können.

Die Zusammensetzung des Gesteins der Ganggrenze des Heumitganges von Brathagen wäre somit ungefähr die in folgender Tabelle angeführte; zum Vergleich ist die berechnete Zusammensetzung des Aegirin-Glimmer-Sölvbergits von Kjöse-Åklungen nebenbei angeführt:

	a) Ganggrenze des Heumitganges; Brathagen.		b) Aegirin-Glimmer- Sölvbergit; Kjöse-Åklungen.	
Feldspath	ca. 69 ¹ / ₂ 0/0	}	ca. 71 ¹ / ₂ 0/0	}
Cancrinit	« 3 «		« — «	
Nephelin	« 2 «		« 5 «	
Pyroxen (in a. Aegirin- diopsid, in b. Aegirin)	« 8 ¹ / ₂ «	}	« 15 ¹ / ₂ «	}
Biotit	« 14 «		« 7 «	
Titanit etc.	« 1 «	}	« 1 «	}
Apatit	« 1 «		« Spur	
Kalkspath.	« 1 «		—	
	<hr/> 100.00		<hr/> 100.00	

Die beiden Gesteine zeigen in mehreren Beziehungen eine nicht geringe Übereinstimmung; nur ist der Fe₂O₃-Gehalt grösser im Gestein von Kjöse-Åklungen und entsprechend hier mehr Pyroxen und zwar

Aegirin, im Brathagen-Gestein mehr Biotit (in beiden Gesteinen von beinahe derselben berechneten Zusammensetzung) gebildet. Bei dem geringeren Gehalt von K_2O im letzteren ist das K_2O auch hier mehr im Biotit, im Kjöse-Åklungen-Gestein mehr im Feldspath enthalten. Das Grenzgestein des Heumit-Ganges von Brathagen nähert sich somit, wie erwähnt, den Sölvsbergiten bedeutend, ist aber durch den höheren CaO - und MgO -Gehalt und niedrigeren Alkali (namentlich K_2O)-Gehalt genügend als von den typischen Gliedern der Grorudit-Tinguait-Reihe verschieden, charakterisirt.

Wenn wir dasselbe dennoch an diese Reihe anschliessen wollten, müsste es also jedenfalls nicht zu den Tinguaiten, sondern zu den Sölvsbergiten gerechnet werden.

Die von *Andreæ* aufgestellte Gesteinsgattung: *Glimmertinguait* ist somit bis jetzt noch nicht als Begleiter der norwegischen Nephelinsyenite bekannt,¹ und so viel ich weiss, auch nicht in anderen Nephelinsyenitgebieten beobachtet (die portugisischen Aegirin-Glimmertinguaite führen nach *v. Kraatz-Koschlaus* und *Hackmanns* Beschreibung alle reichlicher Aegirin als Biotit).

Verhältniss zwischen Gangmitte und Ganggrenze des Heumitanges von Brathagen. Entstehung der letzteren.

Der Unterschied der Zusammensetzung der beiden Gesteine ist, wie aus den oben angeführten Analysen hervorgeht, ein recht bedeutender und in mehreren Beziehungen ganz auffällig; während das Gestein der Gangmitte eine Heumitzusammensetzung zeigt, ist dasjenige der Ganggrenze einem Sölvsbergit ähnlicher.

Was hier namentlich sehr auffällt, ist der Umstand, dass im vorliegenden Falle *das Grenzgestein des Ganges saurer und reicher an Alkalien und Thonerde, die Gangmitte reicher an CaO , MgO und namentlich an FeO ist*, also gerade das Gegentheil des gewöhnlich stattfindenden Verhältnisses zwischen Gangmitte und Ganggrenze.

¹ Die von *Rosenbusch* ebenfalls als Glimmertinguaite aufgefassten Ganggesteine der von mir beschriebenen Gänge zwischen Åsildsröd und Asbjörnsröd etc. sind wie unten nachgewiesen auch nicht Glimmertinguaite, sondern Natronminetten.

Die Durchschnittszusammensetzung des Ganges von Brathagen lässt sich aus den Analysen berechnen, mit Berücksichtigung der Beobachtung, dass die Mächtigkeit des Ganges ca. 30 cm., diejenige des Grenzgesteins ca. $5 + 5 = 10$ cm. ist; eine Mischung von 1 Theil des Grenzgesteins und 2 Theilen der Gangmitte entspricht dann der Durchschnittszusammensetzung des Ganges:

Durchschnittszusammensetzung des Ganges von Brathagen.		Mittel der analysirten Natronminetten.
SiO ₂	51.22	51.58
TiO ₂	2.22	1.83
Al ₂ O ₃	17.22	16.26
Fe ₂ O ₃	1.42	} Entspr. 3.80 } Entspr. 9.45 9.59 Fe ₂ O ₃
FeO	7.26	
MnO	0.16	0.25
MgO	3.47	3.38
CaO	5.28	5.33
Na ₂ O	6.75	} 9.60 5.57 } 9.68 2.85
K ₂ O	2.85	
H ₂ O (Glühv. ÷ CO ₂)	0.83	1.51
P ₂ O ₅	0.58	1.11
CO ₂	1.20	0.30
<hr/> 100.46		<hr/> 100.35

Der Vergleich dieser Durchschnittszusammensetzung des Heumitanges von Brathagen mit der Durchschnittszusammensetzung der analysirten *Natronminetten* (siehe weiter unten) zeigt somit eine auffallende Übereinstimmung; der einzige mehr bedeutende Unterschied liegt in dem relativ grösseren Gehalt an Na₂O und geringeren Gehalt an K₂O am Brathagen-Gange.

Es würde nun bei der ersten Betrachtung die Annahme nahe liegen, dass das Gestein der Gangmitte und dasjenige der Ganggrenze des Brathagen-Ganges durch Differentiation aus einem gemeinsamen Gangmagma von der Zusammensetzung einer Natronminette in der Gangspalte selbst entstanden wäre. In diesem Falle würden die oben mitgetheilten analytischen Data den Beweis dafür liefern können, dass die Spaltung eines Natronminette-Magmas einerseits Heumite, andererseits Sölvbergite geben könnte; es lässt sich natürlich auch eine derartige Möglichkeit nicht leugnen.

Es soll aber im Folgenden gezeigt werden, dass für den hier beschriebenen Fall des Ganges von Brathagen die gemachte Voraussetzung kaum Stich hält, indem hier der Heumit der Gangmitte und der Sölvbergit der Ganggrenze wahrscheinlich *nicht* durch Spaltung eines Natronminette-Magmas entstanden sind, sondern dass die Mischung der Ganggrenze vielmehr jedenfalls theilweise *wahrscheinlich aus Resorbtion des foyaitischen Nebengesteins durch das Heumitmagma entstanden ist*.

Während bei den übrigen Gängen der Laurdalit-Gefolgschaft die Ganggrenze — auch wenn sie in Foyait aufsetzt — ganz scharf ist, zeigt sich bei dem hier erwähnten Gang das Verhältniss ganz abweichend; die Grenze ist zickzackförmig verlaufend und es ist unter dem Mikroskop auf längere Strecken in den Dünnschliffen sehr schwierig zu entscheiden, wo der Foyait aufhört und die Grenzzone des Heumitganges anfängt. Dann sieht man beim Vergleich von Dünnschliffen des Foyaits, wenn der eine nur ein Paar Decimeter von der Grenze gegen den Heumit und der andere von dieser Grenze selbst genommen ist, dass ein grosser Unterschied vorhanden ist. Längs dieser Ganggrenze sieht man im Foyait selbst von der Grenze ab ein sehr feinkörniges allotriomorphes Gemenge von Feldspath- und Nephelinkörnchen, bald allein, bald mit reichlich hellgrünem Aegirindiopsid und Titanit in sehr feinkörnigen Körneraggregaten sich zwischen den grossen Feldspathtafeln einbuchten, diese selbst sind gerundet, deutlich resorbirt und liegen manchmal nur als *Reste* in dem genannten feinkörnigen allotriomorphen Gemenge, welches stellenweise auch Kalkspath, Cancrinit und Zeolithe führt. Auch sind schriftgranitische Verwachsungen von Aegirindiopsid mit Nephelin oder saurem Feldspath (Albit) innerhalb der neugebildeten Aggregate häufig.

Die Nephelinkörner des Foyaits sind dabei vollständig resorbirt, ebenso sind statt der grösseren Aegirinkörner nur feinkörnige Aggregate von rundlichen oder blumenkohlartig verzweigten Aegirindiopsid-Körnchen zurückgeblieben; die grösseren Biotitkörner sind zum grossen Theil erhalten, aber häufig ebenfalls randlich umkrystallisirt, und innerhalb derselben sieht man Körnchen von derselben barkevikitischen Hornblende, welche im Heumit vorkommt, aber sonst im unveränderten Foyait vollständig fehlt.

Da diese feinkörnigen allotriomorphen Aggregate, welche in der Grenzzone des Foyaits gegen den Heumitgang sich überall zwischen den grossen Feldspathtafeln des Foyaits eindringen und mitten in denselben auftauchen, in dem unveränderten Foyait fehlen, lässt sich die Sache nicht anders erklären, als dass hier in der That eine Resorbtion des Foyaits durch das Heumitmagma stattgefunden haben muss.

Durch diese Resorbition ist der Feldspath, der Nephelin, der Soda-lith, der Aegirin und Aegirindiopsid und in geringerer Ausdehnung auch der Biotit des Foyaits theilweise durch vom Heumit eindringende Lösungen angegriffen und umkrystallisirt, wobei ein lebhafter Substanz-austausch zwischen den gelösten Theilen des Foyaits und des Heumit-magmas entstanden sein dürfte; der Titanit und der Eisenkies des Foyaits scheinen nicht angegriffen.

Ob bei diesem Process — welcher an die Beobachtungen von *Johnston-Lewis* an den Sommablöcken erinnert — von dem theilweise resorbirten Foyait an das Heumitmagma so viel von saurerem Magma abgegeben ist, dass hierdurch allein das Grenzmagma des Heumits durchschnittlich eine Sölvbergitzzusammensetzung annehmen konnte, ist gewiss nicht möglich zu entscheiden.

Wir müssen bedenken, dass, um aus der Heumitmischung eine Sölvbergitmischung zu erhalten, unter anderem *saure Alkalifeldspath-silikate* in nicht geringer Menge hinzugeführt werden müssten. Auf der anderen Seite dürfte es wohl unbestreitbar sein, dass auch innerhalb des Heumitmagmas selbst eine Differentiation stattgefunden, und zum Theil die Grenzfläche als eine Abkühlungsfläche gedient haben muss, da wir, wie erwähnt, längs der unmittelbaren Grenze dünne basische Zonen fast ausschliesslich aus Aegirindiopsid und Biotit bestehend vorfinden.

Es scheint mir demnach wahrscheinlich, dass hier *ein doppelter Process* stattgefunden hat, theils erstens *eine Differentiation im Gangmagma selbst*, theils zweitens *eine Zufuhr von Substanz aus dem theilweise resorbirten Nebengestein*. Es ist unter diesen Umständen unmöglich zu entscheiden, wie viel das eine und wie viel das andere Verhältniss zur Bildung des sölvbergitischen Grenzmagmas beigetragen hat, und wie die Zusammensetzung des Gangmagmas selbst ursprünglich beschaffen war, ob ein Heumitmagma, oder vielleicht eher ein Natron-minettemagma? In allen Fällen muss eine *reichliche Diffusionsthätigkeit* beiderseits der Ganggrenze stattgefunden haben. Ferner muss auch das Magma sowohl der Gangmitte als der Ganggrenze während dieser Diffusionsströmungen im Fluss und nicht schon zum wesentlichen Theil auskrystallisirt gewesen sein; es folgt dies aus dem häufigen Wechsel (von der Grenze nach der Mitte gerechnet) von dünnen Zonen mit verschiedener sowohl chemischer als mineralogischer Zusammensetzung. Es ist dabei namentlich auffallend, dass in der Grenzzone von dunklen Mineralien neben Biotit Aegirindiopsid vorherrscht, Barkevitit fast fehlt, während in der Gangmitte das umgekehrte Verhältniss stattfindet.

In wie fern die eigenthümliche Ocellarstructur des Gangmittegesteins mit dem Unterschied zwischen Gangmitte und Ganggrenze in Verbindung gebracht werden kann — so dass die ersten Krystallisationen in der Gangmitte, sowie die eigenthümliche durchschnittliche chemische Mischung der Grenzzone beide deshalb relativ alkalireich und relativ sauer (arm an CaO, MgO, Fe-Oxyde) sind, weil diejenigen Verbindungen, welche zuerst in dem Magma auskrystallisiren mussten, auch vorzugsweise sich an der Grenzfläche bei der Diffussion sammeln mussten, — diese Frage muss unentschieden gelassen werden; es ist jedoch nicht ausgeschlossen, dass ein derartiges Verhältniss bestanden hat, da dies mit der im Foyait selbst häufigen Krystallisationsfolge, nach welcher zum Beispiel der Aegirin als Zwischenklemmungsmasse zwischen den Mikroperthittafeln auftritt, im Einklang steht.

Da zahlreiche andere, sowohl mächtigere Gänge als Gänge mit entsprechender Zusammensetzung ganz scharfe Ganggrenzen gegen Foyait zeigen, ohne jede Resorbtion und ohne wesentlichen Unterschied der Ganggrenze und Gangmitte, ist das Verhältniss des Heumitganges von Brathagen in dieser Beziehung sehr auffallend. Es lässt sich vielleicht am ehesten dadurch erklären, dass die Eruption des Gangmagmas sehr bald nach der Eruption des Foyaites erfolgt sei, so dass dieses Gestein selbst noch bis ziemlich zum Erstarrungspunkt erhitzt war; eine selbst wenig bedeutende Zufuhr von heissem Magma musste dann genügen, um grössere Resorbtionswirkungen zu verursachen.

Der *gemischte Gang* von Brathagen mit Gangmitte von Heumit und Ganggrenze eines dem Sölvbergit ähnlichen Gesteins liefert somit ein Beispiel *einer besonderen Gruppe von gemischten Gängen*, bei welchen wahrscheinlich der Unterschied der Gangmitte und Ganggrenze in der Gangspalte selbst durch Differentiation entstanden ist, aber unter gleichzeitiger Resorbtion des Nebengesteins. Dass weder von Differentiation des Gangmagmas *allein*, noch von einem unabhängigen Aufpressen des Magmas der Ganggrenze und der Gangmitte zu verschiedener Zeit die Rede sein kann, dürfte aus dem obigen hinreichend deutlich hervorgehen.

Suchen wir nach Analogien zu einem derartigen Verhältniss, wie der gemischte Gang von Brathagen zeigt, so dürften solche unter Gängen nur schwierig nachweisbar sein. In grösserem Maassstab scheint die eigenthümliche Grenzzone des Nephelinsyenitgebietes von Alnö nach Högboms Beschreibung mehrere Analogien darzubieten.

Nach ihm ist der Nephelinsyenit von Alnö von einem stark contactmetamorphosirten Gneiss umgeben; längs diesem findet sich eine saure helle Grenzfacies des Nephelinsyenits selbst, welche als durch Einschmelzen des Gneisses im Magma gebildet angenommen wird.¹ Gleichzeitig sind auch hier im Magma selbst durch Differentiation verschiedene basische und saure Faciesmischungen entstanden.

¹ Geol. Fören. i Stockholm. Förhandl. B. 17, P. 128—132 (1895).

Natronminetten.

Natronminette von Brathagen, Lougenthal.

Im Jahre 1875 entdeckte ich nicht weit von der Landstrasse in der Nähe des Hofes Brathagen einen ca. 3 Meter mächtigen Gang eines feinkörnigen schwarzen Gesteins, in Nephelinsyenit aufsetzend; ich habe dies Vorkommen schon mehrmals¹ als einen Gang von *Minette* erwähnt, ohne bis jetzt eine genauere Beschreibung des Gesteins gegeben zu haben.

Es ist ein feinkörniges, schweres, schwarzes Gestein ohne Spur von porphyrtiger Ausbildung; makroskopisch kann kein Mineral der Gesteinsmischung erkannt werden. Unter dem Mikroskop sieht man, dass dieselbe vorherrschend aus *Alkalifeldspath* und dunkelbraunem *Glimmer* besteht, neben welchem in geringer Menge auch ein *Aegirindiopsid* vorhanden ist; als Übergemengtheile sind *Apatit* und *Titanit*, beide reichlich, Zirkon, Magnetit, Schwefelkies in Spuren vorhanden. Als Zersetzungsproducte Kalkspath, Kaliglimmer.

Der *Feldspath* macht ungefähr die Hälfte des Gesteins aus; er ist in bei weitem den meisten Schnitten der Dünnschliffe ein ungestreifter Feldspath, welcher sich als ein Orthoklas verhält und nach der Analyse (siehe unten) ein *Natronorthoklas* sein muss. Einige wenige Schnitte zeigen eine äusserst feine, nur bei starker Vergrösserung deutliche Zwillingsslamellirung und verhalten sich als *Natronmikroklin* (Anorthoklas); da diese Schnitte ganz wenige sind, ist es wahrscheinlich, dass diese beiden gleich zusammengesetzten Ausbildungen des Silikates $(\text{Na}, \text{K})_2 \text{Al}_2 \text{Si}_6 \text{O}_{16}$ vorhanden sind, obwohl nicht vergessen werden darf, dass

¹ z. B. *Nyt Mag. f. Nat. B.* 28, P. 383 (1884).

die meisten Natronmikrokline nur in Schnitten ungefähr senkrecht zu (001) und (010) eine deutliche Zwillingslamellirung zeigen.

In einigen Schnitten wurde ein allmählicher Übergang zwischen Natronorthoklas und wahrscheinlich als Gittermikroklin ausgebildetem Natronmikroklin beobachtet. Dieser Gittermikroklin ist sehr merkwürdig, indem die Lamellen so unendlich fein sind, dass sie selbst bei stärkster Vergrösserung nicht erkannt werden können; trotzdem lässt sich ihr Vorhandensein sehr wahrscheinlich machen.

Bei Parallelstellung der gekreuzten Nikolhauptschnitte mit den kreuzweisen Lamellenrichtungen zeigt sich das Gesichtsfeld nämlich nicht einförmig schwarz, auch nicht einförmig grau, sondern ziemlich tief grau *mit beinahe schwarzen Partien*, die fleckweise ohne scharfe Grenzen im Grauen vertheilt sind. An einigen Stellen zeigen diese Flecken eine deutliche lineäre Ausdehnung entweder nach der Trace von (010) oder senkrecht darauf. Beim Drehen des Präparates werden diese relativ dunklen Partien (vollständige Auslöschung findet an keiner einzigen Stelle statt) ganz allmählich grau und indem man links oder rechts bis ca. 60° dreht, werden stetig neue Partien beinahe schwarz. Die Stellen, welche beim Drehen bis ca. 60° rechts oder links beinahe dunkel sind, sind nun auch gar nicht scharf abgegrenzt, sondern haben ganz verwaschene Grenzen, und beim Drehen zwischen den beiden äussersten Dunkelstellungen (ca. 60° nach jeder Seite) gehen gleichsam undulirende Schatten über das Präparat, indem bald die eine, bald die andere Stelle in irgend einer Stellung ihre stärkste Auslöschung zeigt.

Es lassen sich diese Verhältnisse wohl nicht anders erklären, als dass eine äusserst feine Gitterstructur vorhanden sein muss, wie sonst beim Gittermikroklin; an den Stellen, welche in Parallelstellung der Lamellenrichtungen mit den Nikolhauptschnitten Maximum von Dunkel zeigen, müssen (in Übereinstimmung mit *Michel-Lévy's* bekannter Erklärung der Orthoklasstructur) beide Lamellensysteme ungefähr im Gleichgewicht sein; an Stellen, welche beim Drehen ca. 60° rechts oder links Maximum von Dunkel zeigen, muss das eine oder andere Lamellensystem so stark vorherrschen, dass ein einzelnes Lamellensystem sich ganz überwiegend geltend macht und also ungefähr eine Natronmikroklinauslöschung bedingt; an den Stellen, welche in Zwischenstellungen zwischen Parallelstellung und den 60° -Stellungen Maximum von Dunkel zeigen, müssen alle Übergänge in den Proportionen des einen Lamellensystems zum anderen vorhanden sein. Fast an keiner einzigen Stelle aber sieht man die Lamellen selbst, gewöhnlich ahnt man sie nur. Es ist dies ein eigenthümlicher *Krypto-Gittermikroklin*, welcher eine neue

Ausbildung der unendlich variirten Structur der Alkalifeldspäthe darstellt, nur durch die ausserordentliche Feinheit der Lamellen von gewöhnlichem Gittermikroklin verschieden. Es ist charakteristisch, dass bei den wenigen Körnern, welche diese Ausbildung — und selbst sie nur theilweise — zeigen, unmittelbar an derartigen Mikroklin mehrmals deutlich lamellirter Natronmikroklin stösst, und in einem Falle wurde auch Natronmikroklin mit deutlich erkennbarer Gitterstructur beobachtet.

Der herrschende Feldspath des Gesteins ist indessen, wie gesagt, ein *Kryptoperthit* (Natronorthoklas); die Körner desselben sind nur allotriomorph begrenzt; eine Andeutung einer kurzrehtangulären Form der Schnitte ist zwar sehr allgemein verbreitet, aber dennoch überall durch gleichzeitiges Wachsthum anderer Körner von Feldspath oder Glimmer so abgeschwächt, dass der allgemeine Eindruck einer allotriomorphen Begrenzung der Feldspathkörner ganz vorherrschend wird. Ihre Grösse ist durchschnittlich ungefähr $\frac{1}{4}$ bis $\frac{1}{2}$ mm., selten grösser. Viele Körner sind als Karlsbaderzwillinge ausgebildet.

Dieser Feldspath ist ausserordentlich voll von Einschlüssen verschiedener Art, theils ursprünglich, theils aus Zersetzung herrührend. Zu den ersteren gehören feine Lamellen von braunem Glimmer, unregelmässige Körnchen von Aegirindiopsid, Apatit und Titanit, ferner schlauchförmige Flüssigkeitseinschlüsse und Einschlüsse eines unbestimmbaren, isotropen, farblosen Minerals (Flusspath?); zu den letzteren gehören Schuppen von Kaliglimmer und stellenweise Körnchen von Epidot; ob auch der Kalkspath, welcher häufig in kleinen Fetzen innerhalb der Feldspathkörner eingedrungen ist, auf Kosten des Feldspaths, welcher ihn beherbergt, gebildet ist, scheint mir zweifelhaft.

Der *Glimmer* ist im Gegensatz zu dem Feldspath ungewöhnlich rein, frei von Einschlüssen und Zersetzungsproducten; von den ersteren namentlich kleine Titanitkörnchen, sowie Körner von Aegirindiopsid. Er ist vorherrschend tafelförmig ausgebildet nach (001), doch immer ganz unregelmässig begrenzt, ohne jede Krystallflächenbegrenzung oft mit zackigen Conturen, oft auch mit gebogenen und zerbrochenen Lamellen. Seine Farbe ist tiefbraun; stark pleochroitisch, selbst bei dünnen Schliffen vollkommen schwarz undurchsichtig in Basalschnitten und in Vertikalschnitten parallel zur Spaltbarkeit, senkrecht darauf tief gelbbraun. Es ist somit gewiss ein eisen- und titanreicher Lepidomelan.

Der *Pyroxen* ist nicht mehr frisch; er verhält sich theils als Diopsid und zwar als ein *Aegirindiopsid* (hell grüne Absorbtionsfarben, kein deutlicher Pleochroismus, Auslöschungswinkel $c:c$ 50^0 bis 60^0), in ganz

geringer Ausdehnung auch als *Aegirin* (geringe Auslöschungsschiefe $\alpha : c$, ziemlich starker Pleochroismus, rein grüne und gelbliche Farben).

Der Aegirindiopsid ist zum Theil als langprismatische, isolirte Krystalle ausgebildet, gewöhnlich mit Lepidomelanblättchen bedeckt und parallel verwachsen, noch häufiger aber als Körneraggregate von kleinen, rundlichen Körnern in grösserer Anzahl beisammen, gemengt mit Titanitkörnchen, Apatitkörnern, Lepidomelanlamellen; rings herum einem solchen Körnerhaufen findet sich dann noch häufig eine Schale von Lepidomelanplatten, — also eine Art von Ocellarstructur, obwohl weniger typisch als in mehreren anderen nahe verwandten Ganggesteinen des Lougenthales.

Der Aegirindiopsid ist gewöhnlich ziemlich stark zersetzt; er ist dabei trübe geworden, indem theils faserige, theils graue, mehlige oder flockige, unbestimmbare Zersetzungsproducte die Körner durchdringen, zum Theil recht reichlich mit Kalkspath gemischt; ein farbloses, isotropes Mineral, wahrscheinlich Flussspath, betheilt sich auch an dieser Umwandlungsreihe, welche überhaupt etwas an gewisse Zersetzungs Vorgänge erinnert, die ich früher von den mineralienreichen Gängen der nephelinsyenitischen Pegmatitgänge auf den Inseln des Langesundsfjords beschrieben habe. Auch erinnern die Verwachsungen von Aegirin und Aegirindiopsid mit Lepidomelan, welche in der Natronminette von Brathagen auftreten, etwas an den sogenannten *Pterolith* dieser Gänge.

Der *Titanit* ist recht reichlich vorhanden, zum grössten Theil als kleine rundliche Körnchen, selten auch in spitzrhombischen regelmässigen, grösseren Krystallen, bisweilen mit einem Erzpünktchen als Kern. Der *Apatit* ist reichlich als resorbirte, unregelmässige Körnchen, zum Theil auch als kurze, dicke Säulen oder längere Nadelchen in den jüngeren Mineralien eingebettet. *Zirkon* entdeckte ich nur in ein Paar ganz kleinen Krystallen, auffallender Weise nur von der Pyramide (III) begrenzt. Magnetit und Schwefelkies sind beide nur eben in Spuren vorhanden.

Die *Structur* ist eine gewöhnliche Minettestructur, jedoch mit geringer Andeutung einer idiomorphen Begrenzung; eine derartige Minettestructur, wie die typische Aplitstructur, ist eher eine *autallotriomorphe* (siehe unter Lestivarite), als eine panidiomorphe Structur zu nennen; bei der Modification dieser Structur, welche bei manchen Minetten herrschend ist, macht sich besonders geltend die Neigung zu einer idiomorphen Begrenzung bei den tafelförmigen Feldspäthen einerseits und den Glimmertafeln andererseits, welche, indem sie zum grossen Theil gleichzeitig gebildet sind, einander gegenseitig in ihrer Krystallisation gehindert

haben. Von einer porphyrtartigen Ausbildung ist im vorliegenden Falle keine Spur zu entdecken.

Die *chemische Zusammensetzung* des Gesteins geht aus folgender Analyse hervor:

	Natronminette; Brathagen.
SiO ₂	51.22
TiO ₂	1.70
Al ₂ O ₃	17.56
Fe ₂ O ₃	3.51
FeO.	4.34
MnO	0.20
MgO	3.22
CaO.	4.52
Na ₂ O	5.72
K ₂ O	4.37
H ₂ O (Glühverl. —CO ₂)	1.93
P ₂ O ₅	1.08
CO ₂	0.60
	<hr/>
	99.97

Die Analyse kann, nach den Beobachtungen über die Mineralienzusammensetzung unter dem Mikroskop, auf folgende Weise berechnet werden:

SiO ₂	27.35	}	53.41 Natronorthoklas & Natronmikroklin.
Al ₂ O ₃	7.76		
Na ₂ O. . . .	4.70		
	<hr/>		
	39.81 Na ₂ Al ₂ Si ₆ O ₁₆		
SiO ₂	6.63	}	
Al ₂ O ₃	1.88		
K ₂ O	1.74		
	<hr/>		
	10.25 K ₂ Al ₂ Si ₆ O ₁₆		
SiO ₂	1.43	}	
Al ₂ O ₃	1.24		
CaO	0.68		
	<hr/>		
	3.35 Ca Al ₂ Si ₂ O ₈		

SiO ₂	9.86
TiO ₂	1.44
Al ₂ O ₃	5.04
Fe ₂ O ₃	2.19
FeO	4.08
MnO	0.20
MgO	2.34
CaO	0.02
Na ₂ O	0.20
K ₂ O	2.63
H ₂ O	0.80

28.80 Lepidomelan (mit etwas Kaliglimmer als Zer-
setzungsproduct).

SiO ₂	2.00
Fe ₂ O ₃	1.32
Na ₂ O	0.50

3.82 Na₂ Fe₂ Si₄ O₁₂

SiO ₂	2.97
MgO	0.88
FeO	0.26
CaO	1.41

5.52 Ca(Fe, Mg)Si₂O₆

12.63% Aegirindiopsid
(& Aegirin).

SiO ₂	0.98
Al ₂ O ₃	1.66
MgO	0.65

3.29 Mg Al₂ Si O₆

P ₂ O ₅	1.08
CaO	1.42
F	0.09

2.59 Apatit.

TiO ₂	0.36
SiO ₂	0.26
CaO	0.25

0.87 Ca Ti Si O₅ (Titanit).

CO ₂	0.60
CaO	0.74
<hr/>	
	1.34 CaCO ₃ .

Rest der Analyse: 0.32 Na₂O, 1.04 Glühverlust.

Magnetit, Schwefelkies, Flussspath(?) etc. sind in so geringer Menge vorhanden, dass sie zusammen nicht 1/2 % ausmachen können.

Nach dieser Berechnung sollte der Feldspath ungefähr folgende Zusammensetzung (I) haben, welche mit derjenigen des Natronmikroklin von der Pantelleritlava von Khagiar (II) auf Pantelleria (Förstner, Zeitschr. f. Kr. B. 8, P. 174) ziemlich genau übereinstimmt:

	I	II
SiO ₂	66.29	66.34
Al ₂ O ₃	20.39	19.05
CaO	1.26	1.08
Na ₂ O	8.80	8.07
K ₂ O	3.26	4.96
Fe ₂ O ₃	—	0.96
MgO	—	0.04
	<hr/>	<hr/>
	100.00	100.50

Der Lepidomelan sollte nach der obigen Berechnung ungefähr folgende Zusammensetzung (I) haben; zum Vergleich ist die Zusammensetzung der Lepidomelane von Freiberg (II) (*Becker*, Zeitschr. f. Kryst. B. 17, 1889) und von Langesundsfjord (III) (*G. Flink*, ib. B. 16) nebenbei angeführt:

	I	II	III
SiO ₂	34.23	34.70	34.37
TiO ₂	4.99	4.58	4.68
Al ₂ O ₃	17.50	17.17	6.84
Fe ₂ O ₃	7.61	2.11	24.89
FeO	14.16	19.55	7.47
MnO	0.69	—	2.41
MgO	8.15	9.52	4.05
CaO	0.07	—	0.78
Na ₂ O	0.69	1.24	2.13
K ₂ O	9.13	8.91	9.03
H ₂ O (F)	2.78	3.76	2.27
	<hr/>	<hr/>	<hr/>
	100.00	101.54	98.92

Der Pyroxen sollte nach der Berechnung im Durchschnitt (einbegriffen eine ganz geringe Quantität von Aegirin) bestehen aus der Zusammensetzung des Aegirindiopsids I, neben welcher die Analysen der Aegirinaugite von Serra Monchique (II) (nach *Merian*, Neues Jahrb. B. B. III, 1885) und (III) von San Vincente (nach *Döller*, Vulc. Gest. d. Cap. Verd, 1882) zum Vergleich angeführt sind:

	I	II	III
SiO ₂	47.11	42.27	47.99
TiO ₂	—	0.92	—
Al ₂ O ₃	13.14	8.67	13.30
Fe ₂ O ₃	10.45	13.93	11.32
FeO	2.06	6.24	10.39
MgO	12.11	10.95	6.16
CaO	11.18	12.32	5.14
Na ₂ O	3.95	3.66	6.60
K ₂ O	—	2.12	—
	100.00	101.08	100.90

Nach dieser Berechnung sollte das Gestein von Brathagen somit bestehen aus:

ca. 54	%	Natronorthoklas und Natronmikroklin.	
29	%	Lepidomelan	} 42 %.
13	%	Aegirinaugit (und ein wenig Aegirin)	
2 1/2	%	Apatit	} 3 1/2 %.
1	%	Titanit	

Natronminette von Hagtvedt in Hedrum.

Das hier zu beschreibende Gestein wurde im Jahre 1894 von Herrn Amanuensis C. O. B. Damm im Walde ca. 3/4 Kilometer SW. vom Hofe Hagtvedt in Hedrum (auf der Ostseite des Lougenthales) entdeckt. Die Mächtigkeit des vertikal aufsetzenden Ganges, welcher in der Richtung W.—Ö. (mit Fallen der Gangebene 72° S.) aufsetzt, ist ungefähr 8 Meter; der Gang wurde in dem bedeckten Waldterrain ca. 50 Meter verfolgt.

Das Gestein ist feinkörnig, schwarz, makroskopisch nicht von dem Gestein der Natronminette von Brathagen zu unterscheiden. Unter dem Mikroskop sieht man, dass dasselbe vorherrschend aus *Alkalifeldspath* und *dunkelbraunem Glimmer* besteht, neben welchem Apatit sehr reichlich, und Eisenerz und Schwefelkies sowie Titanit alle spärlich als Übergemengtheile auftreten; als Zersetzungsproducte reichlich Carbonate, Chlorit, Serpentin und etwas Epidot und Kaliglimmer, sowie Spuren von Eisenglanz.

Der *Feldspath* ist deutlich tafelförmig nach (010) ausgebildet; die leistenförmigen Schnitte sind am Ende von Flächen der Orthodomenzone quer abgeschnitten, so dass eine langrektanguläre Form resultirt. Die meisten Schnitte löschen parallel aus und verhalten sich wie Orthoklas (zum Theil Karlsbaderzwillinge), der kleinere Theil derselben zeigt bei schwachen grauen Interferenzfarben eine feine Zwillingsstreifung mit kleinen Auslöschungswinkeln und scheint einem sauren Plagioklas (Oligoklas) oder vielleicht zum Theil dem Natronmikroklin angehörig. Der Feldspath ist theilweise, namentlich in den centralen Theilen, ziemlich stark zersetzt, wobei von aussen Kalkspath und chloritische Zersetzungsproducte eingedrungen, und ausserdem Kaliglimmer, Kaolin, und ein wenig Epidot auf Kosten des Feldspaths abgesetzt sind.

Der *braune Glimmer* ist ein ziemlich stark pleochroitischer Biotit (tief reinbraun parallel zur Spaltbarkeit, hell strohgelb senkrecht zu derselben); er ist gewöhnlich sehr frisch und rein, und sehr häufig zeigt er eine Ausbildung als hexagonale Tafeln, wobei als seitliche Begrenzung o (111) und b (010) sicher nachgewiesen wurden; die Krystalle sind auch nicht ganz selten nach der Vertikalachse ausgezogen, wobei die seitliche Begrenzung abwechselnd aus- und einspringende Winkel zeigt; Zwillinge nach (110), mit (001) als Verwachsungsfläche wurden nachgewiesen. Der Glimmer ist deutlich zweiachsig, obwohl mit kleinem Achsenwinkel; die Achsenebene fällt mit einer Seite der hexagonalen Umgrenzung zusammen, der Glimmer ist somit ein gewöhnlicher Meroxen (zweiter Art). Er zeigt übrigens oft eine zonare Structur, wobei die Randzone der Tafeln, wie gewöhnlich, dunkler ist. Häufig liegen mehrere kleine Glimmertafeln und Schuppen zu körnigen Aggregaten zusammengehäuft, und oft haben sie einen Kern von Eisenerz oder Schwefelkies oder sind mit zahlreichen Apatitnadeln durchspickt. Der Glimmer ist nur in ganz geringer Ausdehnung in grünen Chlorit umgewandelt.

Dagegen finden sich pseudomorphe, aus Chlorit und Serpentin (mit Carbonaten) bestehende schuppig-faserige Massen mit Aggregatpolarisation von Biotitschuppen eingeschlossen; diese bald unregelmässig abgerun-

deten, bald geradlinig begrenzten Massen sind gewiss Pseudomorphosen nach einem gänzlich zersetzten Mineral, nach einigen Durchschnitten zu urtheilen wahrscheinlich nach Olivin; sie sind nicht reichlich vorhanden. Nur an einer Stelle in einem Präparat habe ich ein Paar säulenförmige Durchschnitte beobachtet von anderem Aussehen und nicht in Biotit eingebettet, welche als Pseudomorphosen von Chlorit und Kalkspath nach einem Pyroxen gedeutet werden können.

Das *Eisenerz* ist fast immer im Biotit eingeschlossen; es ist bei weitem zum grössten Theil magnetisch, doch scheint auch Titaneisenerz vorzukommen; Schwefelkies ist in unregelmässigen Körnern und Würfeln nicht selten im Biotit eingebettet.

Sehr reichlich sind spießige lange Nadeln von *Apatit*, gewiss mehrere Procent des Gesteins ausmachend; die allermeisten enthalten in ihrer ganzen Länge oder nur näher den Enden (nach der Mitte zu auseinander) einen langen rohrförmigen oder schlauchförmigen Kerneinschluss von einer rauchbraunen, isotropen Substanz, welcher wohl nur Glas sein kann. Gewöhnlich findet sich nur ein einzelner derartiger, central belegener Einschluss, selten auch mehrere. Der Einschluss geht oft in der ganzen Länge als ein gefüllter rohrförmiger Hohlraum durch den Krystall, bisweilen ist er unterbrochen, und fast immer, stufenweise stark in Dicke zunehmend gegen das Ende der Krystalle, hier öfters dicker als die Apatithülle; die Krystalle scheinen dann am Ende ein skelettartiges Wachsthum gehabt zu haben. In seltneren Fällen sind sie schlauchartig und erreichen das Ende der Krystalle nicht, sondern scheinen vollständig vom Krystall eingeschlossen. Der Basisschnitt zeigt gerundete Umgrenzung der Einschlüsse.¹

Titanit ist sehr spärlich und, wie die kleinen eingeschlossenen Erzpünktchen der gerundeten Körnchen zeigen, wahrscheinlich nur als Zerzeugungsproduct von Eisenerz vorhanden.

Die *Structur* des Gesteins ist eine vollständig typische *Minettestructur*; aus der idiomorphen tafelförmigen Begrenzung der in allen Richtungen durch einander liegenden Feldspäthe und der ebenfalls häufigen idiomorphen Begrenzung des Glimmers folgt, dass miarolithische Räume zwischen den einzelnen Mineralkörnchen ausserordentlich zahlreich sein müssen. Sie sind mit Kalkspath und Chlorit gefüllt und häufig ragen die nettesten Kryställchen in dieselben hinein. Die mittlere Korngrösse des Gesteins ist für die Hauptminerale Feldspath und Glimmer, wohl $\frac{1}{3}$ bis $\frac{1}{2}$ mm. Von einer porphyrtigen Ausbildung ist keine Spur vorhanden.

¹ Glaseinschlüsse in Apatit sind früher z. B. von *Törnebohm* und von *Bäckström* aus den Apatiten der Rhombenporphyre beschrieben.

Um eine ungefähre Vorstellung von der Zusammensetzung des Gesteins geben zu können, so weit dies ohne Analyse möglich ist, habe ich nach Vergleich mit analysirten Minettegesteinen die Menge der einzelnen Bestandtheile geschätzt zu:

Feldspäthe	ca. 58	%
Biotit.	« 25	«
Olivinseudomorphosen (?) . . .	« 3	«
Eisenerz und Schwefelkies . . .	« 4	«
Apatit	« 2 ¹ / ₂	«
Kalkspath	« 3 ¹ / ₂	«
Chlorit, Titanit etc.	« 4	«

Das Gestein erscheint nach den Beobachtungen unter dem Mikroskop in allen Beziehungen den typischen Minetten sehr ähnlich; da jedoch das Vorkommen als Begleiter des Laurdalits es wahrscheinlich machen müsste, dass auch in diesem Gestein der Natrongehalt im Vergleich mit dem K₂O-Gehalt vorherrschen dürfte, liess ich eine Alkalibestimmung desselben ausführen (für eine vollständige Analyse schien mir das Gestein, obwohl bei weitem frischer wie die meisten deutschen Minettevorkommen, zu stark zersetzt). Diese Bestimmung gab:

Na ₂ O	4.95
K ₂ O	2.84

Das Gestein ist somit wie das Vorkommen von Brathagen eine natronreiche Minette (Natronminette).

Dass dies Gestein als Begleiter eines «foyaitischen» Tiefengesteins, und wahrscheinlich eben des Laurdalits auftritt, ist ganz sicher, denn es setzt in solchem auf, und andere als «foyaitische» Gesteine (im Sinne von *Rosenbusch*) finden sich überhaupt nicht in dieser Gegend. Es ist demnach dies Vorkommen noch ein entscheidendes Beispiel dafür, dass Minetten (obwohl *Na₂O-reiche* Minetten) aus «foyaitischen» Magmen abgespaltet sein können, was auch a priori als ganz wahrscheinlich angenommen werden müsste.

Verwandte Gesteine, deren Glimmer aber vollständig in Chlorit (und Magnetitstaub etc.) umgewandelt ist, finden sich an mehreren Stellen in Hedrum (so ein Gang im Walde zwischen Gunnersröd und Tutvet) und

Natronminette von Håö. $\frac{1}{4}$



Die dunkle, feinkörnige Grundmasse ist Natronminette; die grossen Krystalle sind theils rothe Sodalithpseudomorphosen (Spreu-stein), theils (an der rechten Ecke) Feldspath, etc.

Kodal (so ein Gang beim Hofe Svarsröd); diese Gesteine zeigen trotz ihrer starken Zersetzung, mit vorherrschender Bildung von Chlorit und Carbonaten, dieselben Hauptzüge der Zusammensetzung und Structur wie die oben beschriebene Minette von Hagtvedt in Hedrum.

Natronminetten von Håö, Langesundsfjord und von Hedrum.

Der erstgenannte dieser Gänge wurde 1894 von Herrn Amanuensis C. O. B. Damm entdeckt auf der S.W.-Seite der Insel Håö im äusseren Theil des Langesundsfjords.

Der Gang enthält in bemerkenswerther Weise zahlreiche Einschlüsse der grobkörnigen Mineralien eines Ganges von Nephelinsyenitpegmatit; diese Einschlüsse bestehen aus bis 5 cm. grossen Mikroklinmikroperthitkrystallen, schwarzen Lepidomelankrystallen, Aegirinkörnern, etwas rothem Elæolith und fingerdicken, hell ziegelrothen Spreusteinpseudomorphosen nach Sodalith (wie gewöhnlich nach einer trigonalen Zwischenachse ausgezogen). Diese Spreusteinkrystalle, welche häufig $\frac{1}{2}$ bis 1 Decimeter lang waren, haben offenbar im vorliegenden Falle mit den Lepidomelankrystallen etc. zusammen gegen grosse *offene* Drusenräume in die Gangmitte eines Nephelinsyenitpegmatitganges hineingeragt, *welche dann nachträglich durch das später aufgepresste Natronminettemagma gefüllt worden sind*, ganz wie ähnliche Drusenräume namentlich an den Augitsyenitpegmatitgängen in der Fredriksvärnsgegend nicht selten mit feinkörnigem, glimmerreichem Augitsyenit gefüllt sind.¹ Durch weitere Bewegung des nachgeschobenen Magmas sind dann die zerbrochenen Krystalle der Mineralien des Nephelinsyenitpegmatitganges als Bruchstücke mitgeführt.

Das vorliegende Beispiel ist dann auch in so fern von Interesse als es den nahen genetischen Zusammenhang der Natronminetten mit den Nephelinsyeniten illustriert, nicht zu erwähnen, dass zugleich der Gesteinscharakter der nephelinsyenitischen Pegmatitgänge als eigenthümliche eruptive Facies auch dadurch eine weitere Stütze gewinnt. Um den

¹ Ganz analog sind feinkörnige aplitische Füllmassen auch auf Hohlräumen in der Mitte granitischer Pegmatitgänge nachgeschoben; um ein bestimmtes Beispiel zu nennen, kann auf das Profil längs den Schleusen bei Löveid in Telemarken hingewiesen werden.

Charakter des Minettengesteins mit den darin einragenden hellrothen, im Querschnitt 6-seitigen Spreusteinpseudomorphosen zu veranschaulichen, kann folgende Figur (nach Photographie) im Maasstab 1:1 dienen:

Die Minette selbst ist, wie das Gestein von Brathagen, eine typische *Natronminette* von wundervoller Frische, vollkommen unzersetzt, wie es bei den Minetten nur selten der Fall ist. Es ist ein makroskopisch fast dichtes, feinkörniges schwarzes Gestein; unter dem Mikroskop erkennt man eine Zusammensetzung von fein zwillingslamellirten und ungestreiften Feldspathkörnern, ungefähr die Hälfte des Gesteins ausmachend, dann sehr reichlich braunen Biotit, etwas weniger reichlich einen hell grünlichen Diopsid und von accessorischen Mineralien reichlich Titanit und Apatit, während von Erzen nur äusserst geringe Spuren von Magnetit vorhanden sind.

Der *Feldspath* muss nach der Analyse des Gesteins ein Natronkalifeldspath sein; er ist zum Theil gestreift mit feinen Zwillingslamellen, und ist somit zum Theil Natronmikroclin; doch ist nicht ausgeschlossen, dass auch Kryptoperthit vorhanden ist. Er ist ohne jede Andeutung einer idiomorphen Begrenzung.

Der Glimmer ist ein brauner stark pleochroitischer eisenreicher Biotit (Lepidomelan), ähnlich demjenigen der Natronminette von Brathagen, aber frischer, reiner und vielleicht etwas weniger stark pleochroitisch (schwarzbraun, strohgelb); auch der Glimmer ist (abgesehen von der häufig hervortretenden Ausbildung der Basis) ohne jede idiomorphe Begrenzung.

Der *Diopsid* zeigt durch seine hellgrüne Farbe und Auslöschungswinkel $c:c > \text{als } 50^0$ eine Annäherung an die Aegirindiopside, obwohl wahrscheinlich nicht mit hohem Gehalt des Aegirinsilikates; er bildet kleine gerundete oder eckige isomere Körnchen, zum Theil deutlich früher als die Biotitkörnchen gebildet. Er ist wie der Glimmer fast frei von Einschlüssen.

Der *Titanit* ist massenhaft vorhanden, selten in kleinen regelmässigen Krystallen mit spitzrhombschen Schnitten, meistens in corrodirt, zackigen unregelmässig zerfetzten Körnern und Kornaggregaten. Der *Apatit* findet sich sehr reichlich theils in ziemlich grossen, langen, oft geknickten Säulen von rauchbrauner Farbe, theils in winzigen farblosen Nadelchen, die letzteren zum Theil in allen Richtungen, namentlich die Feldspathkörner auffüllend. Die grösseren Apatitkrystalle, welche mehrmals den Titanit durchsetzend beobachtet wurden, sind oft deutlich gerundet und resorbirt.

Abgesehen von den Apatitnadeln sind sämmtliche Mineralien ohne Krystallflächenbegrenzung, die *Structur*, welche auch ohne jede Andeutung porphyrischer Ausbildung ist, ist somit eine rein *autalloptriomorphe* (siehe unter Aplite), mit vollständiger Raumauffüllung, so dass von miarolithischer Structur, wie bei den Minetten mit tafelförmigen Feldspäthen (z. B. Minette von Hagtvedt) keine Spur vorhanden ist. Dagegen ist eine *Ocellarstructur* bei dem Gestein recht verbreitet, indem runde Haufen von den dunklen Mineralien des Gesteins (namentlich mit Diopsidkörnchen in der Mitte und Biotitkörnchen in der Peripherie vorherrschend) sehr häufig sind, wobei auch Titanit und Apatit eingemengt sind, während der Feldspath in diesen «ocelli» fast fehlt; sie haben eine Grösse von 1 bis 3 mm. und bestehen dann oft aus Hunderten von Körnchen. Ausser diesen ocelli der dunklen Gesteinsgemengtheile bemerkt man auch, dass an anderen Stellen die Feldspathkörnchen helle gerundete Flecke bilden, in welchen der Biotit und der Diopsid relativ spärlich eingemengt sind. Die Structur ist somit in doppelter Beziehung eine Ocellarstructur, wie wir dieselbe auch beim Heumit ausgebildet fanden.

Eine beinahe vollständige Übereinstimmung mit der Natronminette von Håö zeigt das Gestein eines Ganges, welcher ca. 1.5 Meter mächtig in der Richtung NNW.—SSO. in der Nähe des Aegirintinguaitganges zwischen Åsildsröd und Asbjörnsröd in Hedrum aufsetzt, und welchen ich schon früher¹ beschrieben habe; Mineralienzusammensetzung und Structur ist im Wesentlichen genau dieselbe, nur ist die Ocellarstructur noch mehr ausgeprägt (15—20 $\frac{1}{2}$ –2 mm. grosse ocelli auf einem cm.² im Dünnschliff). Der Pyroxen ist hier stärker grün, ein Aegirindiopsid (Aegirin-Augit), gewiss etwas reicher an Aegirinsilikat, als im Gestein von Håö, auch ist echter Aegirin daneben sehr spärlich vorhanden. Auch ist zu bemerken, dass das Gestein in ganz geringer Menge Sodalith und Spuren von Nephelin enthält, doch beide so sparsam, dass die chemische Zusammensetzung des Gesteins wahrscheinlich nur ganz wenig von der des Håögesteins (wohl etwas Na₂O reicher?) verschieden sein dürfte.

Die chemische Zusammensetzung des Gesteins von Håö geht aus folgender (von Herrn F. Schmelck ausgeführten) Analyse hervor:

Natronminette Håö.

SiO ₂	51.95
TiO ₂	1.95
Al ₂ O ₃	14.95

¹ Eruptivgest. d. Kristianigebietes I, P. 116—117.

<i>Natronminette Häö.</i>	
Fe ₂ O ₃	4.09
FeO	5.70
MnO	0.30
MgO	3.54
CaO	6.10
Na ₂ O	5.43
K ₂ O	4.45
H ₂ O (Glühverlust)	1.10
P ₂ O ₅	1.15
	<hr/> 100.71

Mit Rücksicht auf die unter dem Mikroskop gefundene Zusammensetzung kann die Analyse in folgender Weise berechnet werden:

SiO ₂	25.11	}	51.77 Natronmikroklin (und Natronorthoklas).
Al ₂ O ₃	7.16		
Na ₂ O	4.34		
	36.61 Na ₂ Al ₂ Si ₆ O ₁₆		
SiO ₂	7.37		
Al ₂ O ₃	2.09		
K ₂ O	1.93		
	11.39 K ₂ Al ₂ Si ₆ O ₁₆		
SiO ₂	1.63		
Al ₂ O ₃	1.38		
CaO	0.76	}	
	3.77 Ca Al ₂ Si ₂ O ₈		
SiO ₂	9.25		
TiO ₂	0.88		
Al ₂ O ₃	2.82		
Fe ₂ O ₃	3.43		
FeO	5.18		
MnO	0.30		
MgO	1.03		
CaO	0.02		
Na ₂ O	0.54		
K ₂ O	2.53		
H ₂ O (& F).	0.75		
	<hr/> 26.73 Lepidomelan.		

SiO ₂	1.00	}	16.47 % Pyroxen.
Fe ₂ O ₃	0.66		
Na ₂ O	0.25		
<hr/>			
1.91	Na ₂ Fe ₂ Si ₄ O ₁₂		
SiO ₂	5.95		
MgO	1.76		
FeO	0.52		
CaO	2.82		
<hr/>			
11.05	(Mg, Fe) Ca Si ₂ O ₆	}	
SiO ₂	0.98		
Al ₂ O ₃	1.66		
MgO	0.65		
<hr/>			
3.29	Mg Al ₂ Si O ₆		
SiO ₂	0.13		
MgO	0.09		
<hr/>			
0.22	Mg Si O ₃		
SiO ₂	0.80	}	
TiO ₂	1.07		
CaO	0.75		
<hr/>			
2.62	Ca Ti Si O ₅ (Titanit).	}	
P ₂ O ₅	1.15		
CaO	1.51		
F	0.12		
<hr/>			
2.78	Apatit.		

Rest der Analyse: 0.30 Na₂O, 0.34 CaO, 0.28 H₂O.

Zu wenig gefunden: 0.27 SiO₂.

Der *Feldspath* sollte nach dieser Berechnung (auf 100 berechnet) bestehen aus:

SiO ₂	65.89
Al ₂ O ₃	20.53
CaO	1.47
Na ₂ O	8.38
K ₂ O	3.73

100.00

also wenig verschieden von der für die Natronminette von Brathagen berechneten Feldspathzusammensetzung.

Die berechnete *Lepidomelan*zusammensetzung stimmt nahezu vollständig überein mit derjenigen der Analyse des Lepidomelans von Brevik nach *Scheerer* (nur ein wenig mehr MgO statt MnO, ein wenig mehr Na₂O und ein wenig minder TiO₂).

Die *Pyroxen*zusammensetzung (I) wäre auf 100 berechnet die eines Na₂O-haltigen Diopsids, ziemlich nahe übereinstimmend mit einem von *Kertschner* analysirten Pyroxen von San Vincente (*Dölter*: Vulc. Gest. d. Cap. Verd.):

	I	II
SiO ₂	48.94	45.14
Al ₂ O ₃	10.08	8.15
Fe ₂ O ₂	4.01	5.25
FeO	3.15	5.20
MgO	15.18	14.76
CaO	17.12	19.57
Na ₂ O	1.52	1.46
	<hr/> 100.00	<hr/> 99.53

Die Mineralien-Zusammensetzung der Natronminette von Håö wäre nach der oben angeführten Berechnung also ungefähr:

ca. 51½ %	Feldspath (Natronmikroklin).	
« 26½ «	Lepidomelan	} ca. 43 %
« 16½ «	Diopsid	
« 2¾ «	Titanit	} ca. 5½ %
« 2¾ «	Apatit	

also überhaupt wenig verschieden von derjenigen der Natronminette von Brathagen. Wie oben erwähnt, muss die Natronminette von Hedrum (zwischen Åsildsröd und Asbjörnsröd), abgesehen von dem ganz geringen Gehalt an Nephelin und Sodalith, fast genau dieselbe Mineralienzusammensetzung haben.

Die oben als *Natronminetten* beschriebenen Gesteine von Brathagen im Lougenthal, von Hagtvedt und Asbjörnsröd in Hedrum und von Håö im Langesundsfjord sind Ganggesteine, welche bis jetzt wenig beobachtet worden sind; obwohl sie z. B. nicht in der sehr vollständigen Bearbeitung der melanokraten (siehe weiter unten) Ganggesteine (der Lamprophyre) in

der Physiographie von *Rosenbusch* erwähnt sind, sind Vorkommen derartiger Gesteine doch nicht ganz unbekannt gewesen. Ich habe dieselben gelegentlich in früheren Arbeiten erwähnt; und von den Sweet Grass Hills in Montana hat *Pirsson & Weed*¹ eine Aegirin führende Minette beschrieben, welche unzweifelhaft auch der Reihe der Natronminetten angehören muss.

Die chemische Zusammensetzung und der chemische Typus dieser Gesteine war bis jetzt nicht bekannt. Eine Zusammenstellung der oben angeführten beiden Analysen mit Analysen von Minetten von gleichem SiO_2 -Gehalt zeigt, dass (abgesehen vom MgO -Gehalt) der wesentliche Unterschied in chemischer Beziehung von den gewöhnlichen Minette-Typen eben im Vorherrschen des Natrons im Vergleich mit dem Kali besteht.

	Natronminette; Brathagen, Longendial.	Natronminette; Häls im Langeundsfjord.	Minette; Leonhardskopf, Heidelberg.	Minette; Mittershausen, Odenwald.	Minette; (Aegirin.) Plauenischer Grund, Dresden (Doss).	Minette; ² Sheep Creek; Montana, (Hillebrand).
SiO_2	51.22	51.95	51.15	51.64	50.81	52.26
TiO_2	1.70	1.95	—	—	1.71	0.58
Al_2O_3	17.56	14.95	15.91	14.12	15.13	13.96
Fe_2O_3	3.51	4.09	4.63	9.55	2.40	2.76
FeO	4.34	5.70	3.72		3.52	4.45
MnO	0.20	0.30	—	—	Spur	0.14
MgO	3.22	3.54	4.14	6.17	10.64	8.21
CaO	4.52	6.10	7.68	6.13	4.96	7.06 ³
Na_2O	5.72	5.43	1.92	2.38	1.01	2.80
K_2O	4.37	4.45	5.97	3.47	7.01	3.87
H_2O (Glühv.— CO_2)	1.93	1.10	2.75	4.33	3.07	2.87
CO_2	0.60	—	2.12	3.09	Spur	0.49
P_2O_5	1.08	1.15	—	—	0.62	0.52
	99.97	100.71	99.99	100.98	100.88	100.25

Der Unterschied im Alkaligehalt ist sehr auffallend; wie es bei den normalen chemischen Typen der Granitfamilie und der Syenitfamilie nothwendig ist, eine Kalireihe und eine Natronreihe auseinanderzuhalten (Kaligranit, Natrongranit, Kalisyenit (Plauenit), Natronsyenit (Laurvikit etc.),

¹ Amer. journ. of sc. 3. ser. Vol. I, P. 313 (1895).

² Clarke and Hillebrand, «Analyses of rocks» etc. Bull. U. S. Geol. Surv. No. 148, P. 149.

³ Ausserdem 0.23 BaO und 0.05 SrO.

so zeigt es sich also auch bei ihren Gangbegleitern, den Minetten berechtigt, eine besondere Reihe von *Natronminetten* von der Reihe der *Kaliminetten* zu unterscheiden.

Es ist charakteristisch, dass diese Natronminetten bis jetzt nur als Begleiter von natronreichen Tiefengesteinen bekannt sind und namentlich als sehr charakteristische Begleiter der Laurdalite auftreten; man muss sich aber erinnern, dass auch Kersantite (und Vogesite) als Begleiter der Laurdalite bekannt sind.

Von Kersantiten mit entsprechendem SiO_2 -Gehalt sind die Natronminetten, so viel bis jetzt bekannt, chemisch durch bei weitem grösseren Alkaligehalt unterschieden.

Ganggesteine der Grorudit-Tinguait-Serie.

Diese Serie ist gegenwärtig, wie auch *Rosenbusch* bemerkt hat (Mikr. Phys. B. II, 3. Aufl. 1896, P. 488), nach meinen Untersuchungen «eine der vollständigsten Gesteinsreihen, welche die Eruptivbildungen uns darbieten». Diejenigen Ganggesteine der Laurdalitgefolgschaft, welche dieser interessanten Serie angehören, habe ich schon früher in einer besonderen Abhandlung (Eruptivgest. des Kristianiageb. I, 1894) ausführlich erwähnt. Ich kann mich deshalb hier, da es nicht meine Absicht ist, sämtliche bekannte Vorkommen der verschiedenen Typen vollständig zu beschreiben, im Wesentlichen darauf beschränken auf die frühere Darstellung hinzuweisen, um so mehr, als die später entdeckten Vorkommen dieser Serie keine wesentlich neuen Verhältnisse darbieten.

Zuerst nur noch ein Paar Worte über die oben gebrauchte Bezeichnung der ganzen Serie, welche ich beibehalte und beizubehalten beabsichtige: die Grorudit-Tinguait-Serie. *Rosenbusch* hat den von mir eingeführten Namen «*Grorudit*» durch «*Quarztinguait*» ersetzt, und führt als Grund dafür an (l. c. P. 473): er «gebrauche diesen Namen seit 1889 und glaube ihn der Einfachheit der Nomenclatur wegen beibehalten zu sollen»; ich kann darin nicht mit meinem hochverehrten Freunde übereinstimmen. Wenn *Rosenbusch* im Jahre 1889 den Namen *Quarztinguait* gebraucht hat, muss es in Vorlesungen gewesen sein, in Publicationen nicht, denn in der Abhandlung von 1889 «Über die chem. Bezieh. d. Eruptivgest.» wird P. 166 nicht der Name Quarztinguait, sondern der Name «*Aegiringranit*» gebraucht; erst in der Abhandlung über den Monchiquit (Tschermarks Mitth. B. 11, H. 4, P. 465) wird zugleich der Name Quarztinguait angewandt; diese Abhandlung ist aber 1890 gedruckt. Ich hatte den Namen Grorudit zuerst 1888 in

Vorlesungen gebraucht, dann in der Monographie der Mineralien der Pegmatitgänge der Nephelinsyenite (Zeitschr. f. Kryst. B. 16, II P. 332; hier steht durch einen Druckfehler Grövdut) im Druck publicirt; dieser zweite Theil meiner Monographie ist im Jahre 1889 gedruckt; auch im ersten Theil (1890 gedruckt) ist der Name Grorudit an mehreren Stellen gebraucht. Der Name Grorudit des von mir entdeckten Gesteins hat deshalb unzweifelhaft Priorität vor dem Namen Quarztinguait.

Es würde mir aber nicht aus «oppositionellem Nörgeln» oder aus Prioritätsgründen der Mühe werth scheinen, den Namen Grorudit vor dem Namen Quarztinguait vorzuziehen, wenn mir nicht aus allgemeinen systematischen Gesichtspunkten letzterer Name weniger glücklich gewählt scheinen müsste. Nach der von mir seit Jahren gebrauchten systematischen Terminologie: Quarzsyenit als Übergangsgestein zwischen Granit und Syenit, Quarztrachyt als Übergangsgestein zwischen Liparit und Trachyt, müsste consequent auch Quarztinguait *ein quarzführendes Übergangsglied zwischen quarzfreiem (oder fast quarzfreiem) Tinguait und einem (dem Granit und Liparit entsprechenden) quarzreichen Glied der Serie bedeuten* (also zum Theil was ich Sölvbergit genannt habe); das quarzreiche Endglied der Serie muss also nach meiner Ansicht, wie Granit und Liparit, am besten mit einem eigenen Namen bezeichnet werden. Aus diesem Grund ziehe ich den älteren Namen Grorudit vor Quarztrachyt vor.

Die Grorudite selbst gehören, wie ich früher erwähnt habe, im Kristianiagebiet der Ganggefolgschaft der Natrongranite an, ebenso wie die sauren, quarzführenden Sölvbergite (Sölvbergtypus) dem Gefolge der Nordmarkite angehören.

Zu der Gefolgschaft der Laurdalite gehören nur die äusserst quarzarmen oder quarzfreien sowie die ganz nephelinarmen Sölvbergite von Hedrum, dem Lougenthal, der Westseite des Farrisesees (Profil KJose-Åklungen) und der Ostseite des Farrisesees, und schliesslich die Tinguait.

Was die genannten *Sölvbergite* betrifft (Quarz- und Hornblende-führender feinkörniger bis mittelkörniger heller Sölvbergit, 169,5 Kilom. von Kristiania im Profil KJose-Åklungen,¹ fast quarzfreier Katophoritsölvbergit aus Geröllen vom Lougenthal² und Nephelin-führender Aegirin-Glimmer-Sölvbergit, 175.07 und 173.2 Kilometer von Kristiania, im Profil KJose-Åklungen)³, so hatte ich dieselben in meiner früheren Dar-

¹ L. c. P. 73 ff.

² L. c. P. 76 ff.

³ L. c. P. 99 ff.

stellung als vielleicht zur Ganggefolgschaft der Laurvikite gehörend angeführt, indem ich jedoch gleichzeitig bemerkte (l. c. P. 148), dass sie vielleicht «einer etwas jüngeren Hauptmasse als den Laurvikiten selbst entsprechen». Es lässt sich nun zwar nicht leugnen, dass vielleicht einige der Sölvbergitgänge in der That, wie früher angedeutet, den Laurvikiten selbst entsprechen; da aber eben längs den Grenzen des Laurdalitgebietes eine grössere Anzahl von Sölvbergitgängen sowohl im Lougenthal als namentlich im Profil Kjøse-Åklungen auftritt, während sie ausserhalb dieser Grenzzone im grossen Laurvikitgebiet bis jetzt gar nicht beobachtet worden sind,¹ so scheint es mir jetzt höchst wahrscheinlich, dass die fast quarzfreien und sogar zum Theil nephelinführenden Sölvbergite in der Umgebung des Laurdalitgebietes als Ganggefolge der Laurdalite selbst aufgefasst werden müssen.

Dies wird auch in hohem Grad bestätigt dadurch, dass Sölvbergitgänge auch nahe der Grenze des Laurdalitgebietes *im Laurdalit selbst* auftreten, nämlich zwei nahe an einander in S.—N.-licher Richtung aufsetzende, 1 und 2 Meter mächtige Gänge von *Riebeckitsölvbergit* am Ostufer des Farrissees, am Festlande im obersten Theile des Grøtfjords (NO. von einer kleinen Insel vor dem Sund zwischen Eikenæsö und Flatö).

Beide Gesteine bestehen aus derselben Gesteinsvarietät, doch ist der grössere südliche der beiden Gänge weniger frisch, deshalb röthlich, der nördlichere frischer, deshalb graugrün gefärbt. Ihr Gestein ist feinkörnig, rauh, mit ganz vereinzelt tafelförmigen Feldspatheinsprenglingen in einer wesentlich aus Feldspathtafeln bestehenden Grundmasse mit roh centrischer Structur; daneben in der Grundmasse nicht sparsam kleine Körnchen und Fetzen von Riebeckit (zum Theil mit Kernen einer katophoritischen Hornblende) und Spur von Titanit, Apatit; als letzte Füllung eben nur Spur von Quarz (nur an ein Paar Stellen im Dünnschliff, kaum $\frac{1}{2}$ Procent). Andere Gänge von Sölvbergit (Glimmersölvbergit, mit chloritisirtem Glimmer und in Bostonite übergehend) finden sich an der Ostseite des Farrissees zwischen Dölesand und Lysebøfjord etc.

Ausser den früher und hier oben beschriebenen Sölvbergitvorkommen kenne ich jetzt noch mehrere andere Gänge von der Westgrenze des Laurdalitgebietes aus dem öfters genannten Profil der Bahnlinie Kjøse-Åklungen, sowie ein Vorkommen im Fjære-Ås, östlich vom

¹ Ich sehe hier ab vom quarzreichen Arfvedsonitsölvbergit vom Venstøb in Gjerpen bei Skien, welcher wahrscheinlich als Begleiter des Nordmarkits östlich vom oberen Gjerpen-thal aufgefasst werden muss.

Lougenthal in Hedrum. Die letzteren sind wahrscheinlich Kataphorit-reiche Sölvbergite gewesen, sie sind aber bedeutend mehr zersetzt als die früher beschriebenen Vorkommen und bieten daher kein besonderes Interesse dar.

Der früher beschriebene Aegirin-Glimmer-Sölvbergit vom Kjøse-Åklungen-Profil (175.07 und 173.2 Kilom. von Kristiania) bietet deshalb ein besonderes Interesse dar, weil, wie oben erwähnt, von demselben sich eine Reihe von Ganggesteinen abzweigt, welche petrographisch durch das oben näher besprochene zuerst von *Andrae* beschriebene Ganggestein von Brathagen (*Andrae's* Glimmertinguaite, Grenzfacies von Heumit) in die Reihe der Natronminetten hinüberführt; chemisch ist diese Reihe ausgezeichnet durch mit abnehmenden SiO_2 -, Al_2O_3 - und Alkali-Gehalten stetig zunehmende Gehalte von CaO , MgO , Fe-Oxyden und TiO_2 sowie P_2O_5 , also den Bestandtheilen, welche die dunklen Gesteins-gemengtheile und die accessorischen Mineralien charakterisiren.

Das Verhältniss der Serie der Sölvbergite-Tinguaite einerseits und der Serie der Sölvbergite-Natronminetten andererseits geht aus dem Verhältniss der Gangmitte zur Ganggrenze im genannten Gestein von Brathagen hervor, wie unter diesem Gestein besonders erwähnt.

Von echten *Tinguaiten* (Aegirintinguaiten) ist mir auch noch bis jetzt nur der früher¹ beschriebene Gang von Hedrum bekannt.

Es ist in diesem Zusammenhang von Interesse zu erwähnen, dass Ganggesteine, welche wahrscheinlich genau dieselbe chemische und auch dieselbe mineralogische Zusammensetzung wie der Tinguaite von Hedrum, aber eine andere *Structur* haben, namentlich an mehreren Stellen des Lougenthales beobachtet worden sind. Diese Gesteine besitzen eine trachytoide Structur in allen Korngrössen zwischen der makroskopisch dichten Ausbildung des genannten Tinguaits von Hedrum und der grosstafeligen Ausbildung der Foyaite des Lougenthales, manchmal mit subparallelen Tafeln von mehreren Centimetern Länge und Breite. Diese Gesteine werden deshalb unter den Foyaiten erwähnt.

Eigentliche *Glimmertinguaite* sind bis jetzt nicht bekannt; da entsprechende Glimmerfoyaite im Lougenthal bekannt sind, sollten sie erwartet werden. Es scheint aber, dass das Auftreten des Glimmers als vorherrschendes dunkles Mineral in den feinkörnigen alkalireichen Gangbegleitern des Laurdalits entweder von einer so starken Anreicherung mit CaO , MgO und Fe-Oxyden begleitet ist, dass derartige Gesteine nicht mehr den an MgO und CaO immer armen Tinguaiten angehören,

¹ Eruptivgest. d. Kristianigeb. I. P. 109 ff. und 190 ff.

sondern schon in die Natronminettereihe übergehen, *oder* dass dieselben schon etwas saurer, also entsprechend sehr arm an Nephelin sind, so dass sie eher zu den Sölvbergiten als zu den Tinguaiten gerechnet werden müssen, wie z. B. das früher von mir beschriebene makroskopisch dichte grüngraue Ganggestein von Lyseböfjord, welches aus vorherrschenden Alkalifeldspäthen und Biotit mit vereinzelt Hornblendeprismen, etwas Nephelin und Analcim besteht, accessorisch Apatit und Titanit; Structur trachytoid; dies Gestein muss als ein *Glimmer-Sölvbergit* angesehen werden; wie oben erwähnt, kommen auch mehrere Gänge von Glimmersölvbergit am Farrissee vor.

Nephelinrhombenporphyre.

Unter diesem Namen beschrieb ich 1890 (Z. f. Kr. B. 16, I P. 37) das Gestein des grossen Ganges vom Vasviktunnel an der Westseite des Farrissee's; genau ähnliche Gänge finden sich bei Kaupang und an der Insel Lamö zwischen Laurvik und Sandefjord, ferner in der Nähe von Åsildsröd in Hedrum, in Berge Röveren am Gogsjö, ferner in losen Blöcken in der Stadt Laurvik etc.

Die Petrographie dieser Gänge bietet mehrere interessante Verhältnisse dar; ich finde es jedoch für diese Gesteinsgruppe bequemer, ihre nähere Beschreibung bis zur künftigen Specialbeschreibung der Rhombenporphyre aufzuschieben, weshalb hier nur die früher publicirte Analyse und die versuchsweise quantitative Berechnung der Mineralienzusammensetzung mitgetheilt werden soll.

Die Structur dieser Gesteine ist diejenige der Rhombenporphyre (von (110) und (201) begrenzte Natronkalifeldspatheinsprenglinge in einer feinkörnigen Grundmasse), die Mineralien der Grundmasse ebenfalls diejenigen der Rhombenporphyre mit Hinzufügung des Nephelins (bisweilen auch Sodalith) als Zwischenklemmungsmasse in der Grundmasse.

Analyse des Nephelinrhombenporphyrs von Vasvik

(von G. Forsberg; siehe Zeitschr. f. Kryst. B. 16, II P. 38).

SiO ₂	. . . . .	56.04
TiO ₂	. . . . .	0.65 (?)
Al ₂ O ₃	. . . . .	21.50
Fe ₂ O ₃	. . . . .	1.06
FeO	. . . . .	3.28
MgO	. . . . .	1.12

CaO	2.42
Na ₂ O	8.39
K ₂ O	5.03
H ₂ O	0.67
P ₂ O ₅	Nicht best.

 100.16

Die Titansäure war von *Forsberg* nicht bestimmt; der oben angeführte Gehalt beruht auf ungefährender Schätzung (von dem Al₂O₃-Gehalt abgezogen).

Die Analyse kann ungefähr in folgender Weise berechnet werden:

SiO ₂	28.78
Al ₂ O ₃	8.09
Na ₂ O	4.93
<hr/>	
41.80	Na ₂ Al ₂ Si ₆ O ₁₆

SiO ₂	13.82
Al ₂ O ₃	3.90
K ₂ O	3.58
<hr/>	
21.30	K ₂ Al ₂ Si ₆ O ₁₆

68.10 % Feldspäthe.

SiO ₂	2.16
Al ₂ O ₃	1.84
CaO	1.00
<hr/>	
5.00	Ca Al ₂ Si ₂ O ₈

SiO ₂	5.40
Al ₂ O ₃	3.96
CaO	0.12
Na ₂ O	1.92
K ₂ O	0.60

 12.00 Nephelin.

SiO ₂	2.08
Fe ₂ O ₃	1.38
Na ₂ O	0.54
<hr/>	
4.00	Na ₂ Fe ₂ Si ₄ O ₁₂

SiO ₂	1.26				
CaO	0.57				
FeO	0.77				
	<hr/>	2.60	Fe Ca Si ₂ O ₆		
SiO ₂	1.25				
CaO	0.57				
MgO	0.42				
	<hr/>	2.24	Mg Ca Si ₂ O ₆		
SiO ₂	0.30				
Al ₂ O ₃	0.50				
MgO	0.20				
	<hr/>	1.00	Mg Al ₂ Si O ₆		
SiO ₂	1.70				
TiO ₂	0.30				
Al ₂ O ₃	1.20				
Fe ₂ O ₃	0.20				
FeO	1.50				
MgO	0.50				
CaO	0.06				
Na ₂ O	0.20				
K ₂ O	0.60				
H ₂ O	0.34				
	<hr/>	6.60	Lepidomelan.		
Fe ₂ O ₃	0.33				
TiO ₂	0.08				
FeO	0.17				
	<hr/>	0.58	Titanomagnetit.		
P ₂ O ₅	0.42				
CaO	0.56				
F	0.04				
	<hr/>	1.02	Apatit.		

Rest der Analyse: 0.27 TiO₂ { 1.67 Al₂O₃ }, { 0.84 Fe₂O₃ }, 0.59 Na₂O,
 0.25 K₂O, 0.29 H₂O.
 Zu wenig gefunden: 0.91 SiO₂, { 0.42 P₂O₅ }, { 0.85 FeO }, 0.46 CaO.

Die Analyse lässt sich nach dem mikroskopischen Befund überhaupt schlecht berechnen und muss wiederholt werden; der Nephelingegehalt ist in den meisten Präparaten geringer als hier berechnet und kann nicht höher gesetzt werden.

Die Zusammensetzung des *Feldspaths* ist eine Durchschnittszusammensetzung, entsprechend in 100 Theilen:

SiO ₂	65.73
Al ₂ O ₃	20.31
CaO	1.47
Na ₂ O	7.23
K ₂ O.	5.26
	<hr/>
	100.00

Die Zusammensetzung der Einsprenglinge und der Feldspäthe der Grundmasse ist aber verschieden. *Mügge* (welcher den Nephelingegehalt im Gestein übersehen hatte) fand für den Feldspath der Einsprenglinge (Neues Jahrb. 1881, II, P. 107):

	Abzug für Verunreinigungen.	Rest.	Auf 100 berechnet.
SiO ₂ . . . 58.05	2.56	55.49	59.84
Al ₂ O ₃ . . . 21.03	0.42	20.61	22.23
Fe ₂ O ₃ . . . 2.36	1.12 (Fe ₂ O ₃ & FeO)	—	—
CaO . . . 3.96	0.57	3.39	3.66
MgO . . . 0.31	0.31	—	—
Alkalien (13.50)	0.37 Na ₂ O	13.23	14.27
H ₂ O . . . 0.79	<hr/>	<hr/>	<hr/>
100.00	5.35 Pyroxen.	92.72	100.00
	1.12 Magnetit.		

Der gefundene Alkaligehalt ist, wie man sieht, bei derartigen Berechnung zu hoch.

Die Pyroxenzusammensetzung ist Mittel der verschiedenen Pyroxene (Diopsid, Aegirinaugit, Aegirin), welche zonar verwachsen im Gestein vorkommen.

Die berechnete Zusammensetzung des Gesteins wäre demnach ungefähr:

68 1/2 % Feldspäthe	}	81 %.
12 1/2 « Nephelin		
10 2/3 « Pyroxene	}	17 1/3 %.
6 2/3 « Lepidomelan		
2/3 « Magnetit.		
1 « Apatit.		

Diese Zusammensetzung nähert sich überhaupt sehr derjenigen des Laurdalits selbst, und scheint ein beinahe aschistes Theilmagma des Laurdalitmagmas zu repräsentiren. Dies ist auch eine Hauptursache, weshalb ich die Nephelinrhombenporphyre zur Ganggefölschaft des Laurdalits, nicht des Laurvikits gerechnet habe, da sonst eine Entscheidung hier schwierig ist, indem die bis jetzt bekannten Nephelinrhombenporphyrgänge sämmtlich im Laurvikit auftreten.

Dass der Nephelinrhombenporphyr überhaupt ein Erstarrungsproduct eines nur wenig differenzirten Laurdalitmagmas darstellt, wird beim Vergleich der angeführten Analyse desselben mit derjenigen des Laurdalits von der Grenze W. von Pollen am Farris-See bestätigt.

Nephelinrhombenporphyr; Vasvik.		Laurdalit; Pollen.
SiO ₂	56.04	56.35
TiO ₂	0.65 ¹	1.00
Al ₂ O ₃	21.50	19.85
Fe ₂ O ₃	1.06	1.91
FeO.	3.28	2.03
MnO	—	0.20
MgO	1.12	1.17
CaO.	2.42	2.60
Na ₂ O	8.39	8.89
K ₂ O.	5.03	5.31
H ₂ O	0.67	0.70
P ₂ O ₅	—	0.67
<hr/> 100.16		<hr/> 100.58

Die Übereinstimmung dieser Zahlen ist eine so grosse, dass wir wohl annehmen dürfen, dass ein wenig differenzirtes Laurdalitmagma, wie dasjenige des Gesteins von Pollen, beim Erstarren in einer Gangspalte unter gewissen Umständen einen Nephelinrhombenporphyr geliefert haben dürfte. Es ist dies Verhältniss auch bei der Bestimmung des Altersverhältnisses des Laurvikits und des Laurdalits nicht ohne Bedeutung und bestätigt noch mehr die Schlussfolgerung, welche oben aus einer Reihe anderer Gründe gezogen wurde, nämlich dass das letztere Gestein das jüngere ist.

¹ Siehe oben.

Nephelinporphyre.

In meiner Darstellung der Gesteine der Grorudit-Tinguait-Serie habe ich (l. c. P. 170 ff.) erwähnt, dass als Endglieder derselben, Gesteine, welche in idealer Reinheit ausschliesslich aus Nephelin und Aegirin bestehen müssten, denkbar sind.

In voller Reinheit sind derartige Ganggesteine bis jetzt nicht bekannt (entsprechende Tiefengesteine sind die nachträglich von Ramsay beschriebenen *Urtite*), aber annäherungsweise liegt diese Mischung in dem von *Kemp* beschriebenen Gestein von Beemerville und in mehreren anderen Vorkommen vor; ich bezeichnete an der angeführten Stelle derartige hypabyssische Gesteine als *Sussexite*.¹

Im Kristianiagebiet habe ich typische *Sussexite* bis jetzt nicht vorgefunden; sie müssten am ehesten in den Umgebungen des Lougenthales gesucht werden. Dagegen habe ich schon vor vielen Jahren (1882) ein Ganggestein beschrieben, welches in chemischer Beziehung sich der Reihe der Tinguait-*Sussexit*-Gesteine anschliesst, obwohl von abweichender Structur, nämlich den *Nephelinporphyr* vom Lougenthale.

¹ In seinem Referat über meine Abhandlung: «Die Grorudit-Tinguait-Serie» hat Prof. L. V. Pirsson darauf aufmerksam gemacht, dass der Name *Sussexit* schon für ein Mineral, das $Mn.Mg$ -Borat $HRBO_3$ angenommen ist und deshalb am besten mit einem neuen Namen vertauscht werden müsse; ich könnte wohl gern dem beistimmen, wenn nicht schon früher mehrmals derselbe Namen für Mineralien und Gesteine ohne Nachtheil gebraucht gewesen wäre. Als Beispiel kann hier angeführt werden: der Name *Wehrilit*, als Mineralname allgemein für Tellurwismuth von Pilsen in Ungarn gebraucht (seit 1841), als Gesteinsname für Diallag-Peridotite von *Rosenbusch* (1887) fixirt; *Monzonit* von *de Lapparent* für das bekannte Gestein von Monzoni (1864) eingeführt, als Mineralname dagegen von *v. Kobell* (1871) für ein Silikat ebendasselbst gebraucht; *Bostonit* als Mineralname als Synonym für Chrysotil (von Canada) gebraucht, als Gesteinsname von *Rosenbusch* (1890) für gewisse Ganggesteine eingeführt. Diese Beispiele könnten mit mehreren anderen vermehrt werden. Es scheint mir deshalb keine besonderen Schwierigkeiten darzubieten, denselben Namen für Mineralien und Gesteine anzuwenden; es dürften kaum je Missverständnisse daraus entstehen können.

In der ersten Beschreibung dieses Gesteins¹ wurde erwähnt, dass dasselbe in grossen erratischen Blöcken in der Nähe der Lougenbrücke an der Landstrasse zwischen Laurvik und Sandefjord beobachtet wurde; ich habe bei späterem Besuch erfahren, dass die beiden Blöcke leider als Grundmauer eines Hauses in der Nähe der Brücke angewandt worden und somit nicht mehr zugänglich sind. Das Gestein muss aus dem Lougenthale, wahrscheinlich aus der Umgegend von Gjona stammen.

Das Gestein besteht aus einer mittelkörnigen, vollkommen eugranitisch struirt Grundmasse mit bis 3 cm. grossen, grösseren und kleineren Einsprenglingen von Nephelin in kurzprismatischen von (0001) und (1010) begrenzten Krystallen; ganz spärlich sind auch grössere unregelmässig begrenzte poikilitische Biotitplatten und wenig idiomorphe Feldspathindividuen in der Grundmasse eingebettet. — Die Grundmasse, deren mittlere Korngrösse 2 bis 5 mm. beträgt, besteht aus Natronorthoklas (Kryptoperthit) und Orthoklasmikroperthit, beide in demselben Korn und in einander übergehend, dann aus Nephelin, und spärlicher Sodalith; von dunklen Mineralien sind Aegirindiopsid, mit Randzone von Aegirin, und Biotit (wohl Lepidomelan), sammt von Übergemengtheilen titanhaltiges Eisenerz, Schwefelkies, Titanit und Apatit vorhanden.

Aus der früheren Beschreibung kann hier wiederholt werden: «Der Nephelin, welcher reichlich vorhanden ist, ist häufig, namentlich gegen den Sodalith, regelmässig begrenzt. Der Sodalith ist gewöhnlich in gerundeten Körnern vorhanden, zeigt jedoch bisweilen auch eine regelmässige 6-eckige Form, bisweilen ist er als jüngere Zwischenklemmungsindividuen ausgebildet. Beide Mineralien sind, obwohl recht frisch, gedrängt voll von Interpositionen, zuerst von unzähligen Flüssigkeitseinschlüssen, häufig regelmässig orientirt und von regelmässiger, der Krystallform der respectiven Mineralien entsprechenden Form, mit oft recht grosser unbeweglicher Gaslibelle. Die Flüssigkeitseinschlüsse haben im Nephelin häufig auch eine länglich ausgezogene Form, der Hauptachse parallel orientirt. Ferner namentlich im Nephelin, parallel der Hauptachse orientirt, zahlreiche Mikrolithe und etwas grössere, noch bestimmbare Kryställchen eines blass bläulichgrünen Minerals, dessen Aussehen und bisweilen grosse Auslöschungsschiefe die Bestimmung desselben als Diopsid wahrscheinlich macht; ferner spärlicher, farblose, stabförmige Mikrolithe (grössere ähnlich aussehende wurden als Apatit erkannt), Biotitblättchen etc.»

¹ Die silur. Etagen 2 & 3, P. 277.

Der *Pyroxen* ist ein Aegirindiopsid mit grosser Auslöschungsschiefe (bis über 60°), in unregelmässigen Körnern, nach dem Rand hin stärker grün gefärbt und hier öfters mit Aegirin verwachsen.

Der *Biotit* ist der gewöhnliche *Lepidomelan* des Laurdalits; er ist sehr frisch, oft mit schönen Rutilnadeln und herzförmigen Zwillingen von Rutil. Das *Eisenerz* ist in gerundeten Körnern; seine häufige Umrandung mit *Titanit* giebt einen hohen Titangehalt an.

Wenn oben, wie in früheren Publicationen, das Gestein als Nephelinporphyr bezeichnet ist, muss ich hier eigentlich eine Reservation einschalten. Es ist nämlich offenbar, dass die scheinbaren grossen Einsprenglinge *keine scharf getrennte ältere Generation im Vergleich mit den Nephelinkörnern der Grundmasse darstellen. Sowohl die scheinbaren Einsprenglinge als die Nephelinkörner der letzteren sind nämlich gewiss im wesentlichen gleichzeitig gebildet*; sie sind gleich viel und gleich wenig idiomorph, indem sowohl unter den grösseren einsprenglingsartigen Körnern als unter den Nephelinkörnern der scheinbaren Grundmasse solche mit ziemlich guter idiomorpher Begrenzung rings herum, und solche mit nur einer Ecke oder auch nur einem Theil einer Kante oder gar keiner idiomorphen Begrenzung sich finden. Die Krystallisation des Nephelins hat überhaupt im Gestein früh angefangen, hat aber auch lange gedauert, so dass wegen theilweise gleichzeitiger Ausscheidung der Feldspäthe, des Sodaliths etc. die Begrenzung des Nephelins überhaupt nur theilweise idiomorph ist, was ganz entsprechend auch vom Sodalith gilt. Überhaupt ist diese Structur, welche ganz analog auch bei dem Laurdalit selbst wiederkehrt, keine echte Porphyrrstructur mit zwei getrennten Generationen, sondern nur *eine porphyrrähnliche eugranitische Structur*.

Die chemische Zusammensetzung des Gesteins geht aus der früher vorläufig publicirten¹ Analyse (von Herrn G. Forsberg) hervor. In dieser Analyse war der TiO_2 -Gehalt und der P_2O_5 -Gehalt nicht bestimmt. Um der Wahrheit etwas näher zu kommen, habe ich den Titangehalt nach Vergleich mit den übrigen nephelinsyenitischen Gesteinen auf ungefähr 0.90 % geschätzt, wovon nach der angewandten Methode ca. $\frac{2}{5}$ von dem gefundenen SiO_2 -Gehalt und ca. $\frac{3}{5}$ von dem gefundenen Al_2O_3 -Gehalt abzuziehen wäre. Von Apatit kann nach Schätzung unter dem Mikroskop ungefähr $\frac{2}{3}$ % angenommen werden; von dem hierzu erforderlichen P_2O_5 kann ungefähr 0.12 % aus dem gefundenen Al_2O_3 -Gehalt abgezogen werden. Der gefundene Al_2O_3 -Gehalt 24.66 wäre

¹ Zeitschr. f. Krystallographie B. 16, 1, P. 41 (1890).

somit um ca. $0.54 + 0.12 = 0.66\%$ zu reduciren, also auf ca. 24.00 zu setzen, ebenso der SiO_2 -Gehalt auf 50.63 anstatt 50.99. Nach diesen wahrscheinlich ziemlich mit der Wahrheit stimmenden Correcturen¹ lautet die Analyse:

SiO_2	50.63
TiO_2	0.90 (?)
Al_2O_3	24.00
Fe_2O_3	2.33
FeO	2.21
MnO	Nicht best.
MgO	1.54
CaO	2.13
Na_2O	11.36
K_2O	4.39
H_2O (Glühv.)	0.63
P_2O_5	0.28 (?)
<hr/>	
	100.40

Die Analyse kann mit Rücksicht auf die unter dem Mikroskop beobachtete Zusammensetzung des Gesteins auf folgende Weise berechnet werden:

SiO ₂	15.85	}	40.61 % Kryptoperthit und Mikropertit.
Al ₂ O ₃	4.49		
Na ₂ O	2.63		
<hr/>		}	
22.97	Na ₂ Al ₂ Si ₆ O ₁₆		
SiO ₂	9.77	}	
Al ₂ O ₃	2.75		
K ₂ O	2.51		
<hr/>		}	
15.03	K ₂ Al ₂ Si ₆ O ₁₆		
SiO ₂	1.10	}	
Al ₂ O ₃	0.98		
CaO	0.53		
<hr/>		}	
2.61	Ca Al ₂ Si ₂ O ₈		

¹ Die Analyse durch neue chemische Untersuchung zu verbessern war unmöglich, da dafür das nöthige Material nicht geschafft werden konnte.

SiO₂ 14.47Al₂O₃ 10.80Na₂O 5.57K₂O 1.65

CaO 0.08

32.57 Nephelin.

SiO₂ 4.04Al₂O₃ 3.44Na₂O 2.78

Cl 0.78

11.04 Sodalith.

SiO₂ 1.67

CaO 0.77

MgO 0.55

2.99 Mg Ca Si₂ O₆SiO₂ 0.72

CaO 0.33

FeO 0.44

1.49 Fe Ca Si₂ O₆SiO₂ 0.45Al₂O₃ 0.77

MgO 0.30

1.52 Mg Al₂ SiO₆SiO₂ 1.04Fe₂O₃ 0.69Na₂O 0.272.00 Na₂ Fe₂ Si₄ O₁₂SiO₂ 1.95TiO₂ 0.20Al₂O₃ 0.77Fe₂O₃ 0.64

FeO 0.87

MgO 0.69

8.00 % Pyroxen
(Aegirindiopsid mit Spur
von Aegirin).

CaO	0.02
Na ₂ O	0.11
K ₂ O	0.30
H ₂ O	0.10

5.65 Lepidomelan.

SiO ₂	0.31
TiO ₂	0.41
CaO	0.29

1.01 Ca Ti Si O₅ (Titanit).

P ₂ O ₅	0.28
CaO	1.37
F	0.03

0.68 Apatit.

Fe ₂ O ₃	1.25
TiO ₂	0.32
FeO	0.65

2.12 Eisenerz.

Gefunden: 0.25 Fe₂O₃ zu wenig, 0.25 FeO zu viel.
 0.26 CaO zu wenig.
 0.07 K₂O zu wenig.

Der *Feldspath* sollte, auf 100 berechnet, bestehen aus einer ordinären Natronorthoklaszusammensetzung:

SiO ₂	65.80
Al ₂ O ₃	20.24
CaO	1.31
Na ₂ O	6.47
K ₂ O	6.18

100.00

Der *Lepidomelan* sollte einer Mischung ungefähr wie diejenige des Lepidomelans von Barkevik entsprechen:

SiO ₂	34.51
TiO ₂	3.54
Al ₂ O ₃	13.63
Fe ₂ O ₃	11.33
FeO	15.40

MgO	12.21
CaO	0.35
Na ₂ O	1.95
K ₂ O	5.31
H ₂ O (F)	1.77
	<hr/>
	100.00

Die Durchschnittszusammensetzung des *Pyroxens* (der Aegirin ist nur in verschwindender Menge vorhanden) wäre:

SiO ₂	48.50
Al ₂ O ₃	9.62
Fe ₂ O ₃	8.63
FeO	5.50
MgO	10.62
CaO.	13.75
Na ₂ O	3.38
	<hr/>
	100.00

(siehe z. B. unter Natronminette von Brathagen).

Das Gestein sollte nach dieser Berechnung somit bestehen aus ungefähr:

ca. 40 ¹ / ₄ 0/0	Alkalifeldspath	}	83 ¹ / ₂ 0/0.
« 32 ¹ / ₄ «	Nephelin		
« 11 «	Sodalith	}	43 ¹ / ₄ 0/0
« 8 «	Pyroxen		
« 5 «	Lepidomelan	}	13 0/0.
« 2 «	Eisenerz		
« 1 «	Titanit	}	3 ¹ / ₂ 0/0.
« 1/2 «	Apatit		
	<hr/>		
	100.00		

Der Nephelinporphyr des jetzt beschriebenen Vorkommens muss, wenn nach der Structur (mit dem recht groben Korn) des Gesteins geschlossen werden darf, wahrscheinlich einer mächtigen Gangmasse angehörig gewesen sein. Durch die rein eugranitische Structur der Hauptmasse der Bestandtheile nähert er sich den nephelinsyenitischen Gesteinen, welche ich als Ditroite bezeichnet habe.

Ditroite und Foyaite.

In meiner ersten Darstellung¹ der Petrographie der südnorwegischen Nephelinsyenite unterschied ich in structureller Beziehung drei verschiedene Haupttypen:

1. den Typus des Hauptgesteins mit der charakteristischen grobkörnigen Structur, die von der Ausbildung der herrschenden Feldspäthe mit hypidiomorpher Begrenzung durch (110), (1 $\bar{1}$ 0) und (201) bedingt ist;
2. den Typus des Gesteins der mächtigen durchsetzenden Masse von Bratholmen und vom Festlande am Landgangsfjord mit mittelkörniger «granitischer» Structur;
3. den Typus der weniger mächtigen Gangmassen von Nephelinsyenit vom Lougenthale, ausgezeichnet durch das, was ich damals als «Diabas-ähnliche Structur» bezeichnete und näher als eine Structur definirte, die durch beinahe parallel angeordnete, nach (010) tafelförmige Feldspathindividuen charakterisirt wird.

Diese drei Structurtypen zeigten sich auch durch charakteristische geologische Ausbildungsform gut abgegrenzt, und auch die Mineralienzusammensetzung zeigte sich theilweise für jede derselben eigenthümlich.

In der zweiten Auflage seiner mikrosk. Physiographie (1887, P. II, P. 92 ff.) hat *Rosenbusch* diese drei Structurtypen näher charakterisirt, wobei er in mehr bezeichnender Weise den dritten meiner Typen als einen «trachytischen» oder «trachytoiden» Structurtypus definirte.

Als ich im Jahre 1890 gelegentlich der Darstellung der nephelinsyenitischen Pegmatitgänge des Kristianiagebietes (Zeitschr. f. Kryst. B. 16, I P. 32—33, und 37—41) eine kurze Übersicht über die nephelinsyenitischen Gesteine lieferte, fand ich es berechtigt die drei genannten

¹ Die silur. Etagen 2 & 3, (1882) P. 273—283.

Strukturtypen, von welchen die beiden letzten auch in anderen Nephelinsyenitgebieten eine weite Verbreitung besitzen, durch bestimmte Namen zu fixiren. Ich hätte dazu drei ganz neue Namen wählen können; es schien mir aber in Betracht der reichen vorliegenden Auswahl von Namen nephelinsyenitischer Gesteine, welche bis jetzt nur als Lokalnamen ohne jede bestimmte genauere Definition gebraucht waren — besser den Versuch zu machen, in möglichst grosser Ausdehnung einige dieser schon vorhandenen Namen zu benutzen, indem durch eine bestimmte Definition ein fester Begriff mit denselben verbunden wurde. So bezeichnete ich nur den ersten ausschliesslich aus Norwegen bekannten Typus mit einem neuen Namen, *Laurdalit*, und zog es vor, die beiden anderen mit den schon früher eingeführten Namen: *Ditroit* für die isomer eugranitisch struirt, und *Foyait* für die trachytoid struirt normal zusammengesetzten Nephelinsyenite zu bezeichnen.

Es wäre wahrscheinlich leichter gewesen, für besondere Namen der drei Typen Anerkennung zu gewinnen, wenn ich für alle drei *neue* Namen vorgeschlagen hätte; jedenfalls haben weder *Rosenbusch* noch *Zirkel* die von mir vorgeschlagenen Definitionen der Namen *Ditroit* und *Foyait* angenommen, ohne jedoch selbst für die genannten Typen besondere Namen vorzuschlagen und ohne den früheren Gebrauch der Namen *Ditroit* und *Foyait* entweder als Lokalnamen oder als Namen besonders zusammengesetzter Nephelinsyenite aufrecht zu erhalten.¹

Indessen, *die erwähnten charakteristischen Strukturtypen sind da*, und es scheint mir nothwendig, dieselben durch besondere Namen auseinander zu halten. Man kann sich nicht wohl damit begnügen, sämtliche normal zusammengesetzten Nephelinsyenite nur mit einem einzigen Namen (z. B. mit dem Namen *Foyait* oder sogar schlechthin *Nephelinsyenit*) zu bezeichnen; ein jeder, der sich eingehender mit dem Studium der nephelinsyenitischen Gesteine befasst hat, wird erkennen, dass z. B. ein typischer *Laurdalit* so verschieden ist von einem trachytoiden oder von einem isomer eugranitischen *Nephelinsyenit*, dass es trotz der nahe übereinstimmenden chemischen Zusammensetzung nicht mehr genügen kann, alle drei Typen nur schlechthin als *Nephelinsyenite* zu bezeichnen; ein *Granit* und ein *Quarzporphyr*, ein *Gabbro* und ein *Diabas* haben auch manchmal dieselbe chemische Zusammensetzung und bestehen aus denselben Mineralien; die verschiedene Struktur, welche eben auch der Ausdruck für geologisch verschiedene Bildungsbedin-

¹ Cfr. *Rosenbusch* l. c. P. 144, *Zirkel*, *Lehrb. d. Petrographie* II, P. 411, 414.

gungen ist, hat aber mit vollem Recht besondere Namen für die verschiedenen Structurtypen veranlasst. Dasselbe muss ganz entsprechend für die genannten Structurtypen der Nephelinsyenite gelten.

Was nun den Namen *Foyait* betrifft, so hat die Abhandlung von *K. v. Kraatz-Koschlan* und *V. Hackmann* gezeigt, dass die Foya selbst gar nicht aus normal zusammengesetztem Nephelinsyenit besteht, sondern aus nahe verwandten nephelinarmen oder fast nephelinfreien *Pulaskiten*; die naheliegende *Picota* dagegen besteht aus ganz normal zusammengesetztem¹ Nephelinsyenit, welchen die genannten Verfasser als *Foyait* bezeichnen; die Structur wird als «richtungslos körnig bis deutlich trachytoid» bezeichnet.

Das Foya-Gestein ist somit *nicht* *Foyait* weder nach der einen noch der anderen Definition; entweder müsste man dann diesen Namen ganz fallen lassen, — oder man muss mit demselben eine ganz bestimmte Definition verknüpfen. Ich finde es dann besser, wie ich gethan habe, einen charakteristischen Structurtypus von normalem Nephelinsyenit mit diesem Namen zu charakterisiren, als, wie bisher geschehen, eugranitische und trachytoide Nephelinsyenite von *Picota* durch einander mit demselben Namen *Foyait* zu bezeichnen.

Was den Namen «*Ditroit*» betrifft, dann kann dieser als Lokalname nicht aufrecht gehalten werden, denn bei *Ditro* finden sich eine ganze Anzahl verschiedener nephelinsyenitischer Gesteine. Die bekannten sodalithreichen Gesteine von *Ditró* spielen nach *Koch's* Beschreibung nur eine ganz untergeordnete Rolle.

Diejenigen Nephelinsyenite, die ich von *Ditró* gesehen habe, waren aber fast durchgehends durch eugranitisch körnige Structur ausgezeichnet; auch *Rosenbusch* erwähnt die Structur der *Ditrógesteine* als «normal hypidiomorph-körnig». Wenn ich für die granitisch körnigen Nephelinsyenite einen der bisher gebrauchten Lokalnamen fixiren wollte, schien mir deshalb naheliegend eben den Namen *Ditroit* dafür zu wählen.

Da somit *Foyait* nicht das Gestein von *Foya* bedeuten kann, — denn in *Foya* herrscht *Pulaskit*, — und da *Ditroit* nicht das Gestein von *Ditró* bedeuten kann, — denn bei *Ditró* finden sich mehrere gänzlich verschiedene nephelinsyenitische Gesteine, — finde ich noch immer, dass es besser ist, diese herrenlosen Hunde mit einem Schild zu versehen, als sie erschiessen zu lassen, da bei diesem Verfahren doch andere an ihrer Stelle angeschafft werden müssten.

¹ Man vergleiche die in der eben genannten Abhandlung angeführten Analysen des *Picotagesteins* mit der Durchschnittszusammensetzung der normalen Nephelinsyenite, wie ich dieselbe berechnet habe (Eruptivgest. d. Kristianiageb. II, P. 27).

Ich werde also auch in Zukunft für normal zusammengesetzte trachytoide Nephelinsyenite den Namen Foyait, für eugranitische normale Nephelinsyenite den Namen Ditroit brauchen, und ich werde dies um so mehr thun, weil schon mehrere Petrographen mir mitgetheilt haben, dass sie dieselbe Nomenclatur annehmen wollen.

Die nephelinsyenitischen Tiefengesteine können deshalb nach meiner Auffassung, wie auch oben angedeutet wurde, theils nach *Zusammensetzung* (*chemische* und *Mineralienzusammensetzung*), theils nach *Structur* getheilt werden; dass die verschiedenen Typen in einander übergehen und theilweise an denselben Lokalitäten beisammen vorkommen, macht die Berechtigung der Scheidung nicht geringer.

Unter den verschiedenen, zahlreichen Typen, welche unterschieden werden können, finden sich aber auch einige, welche ihres häufigeren Vorkommens wegen als *normale Nephelinsyenite* bezeichnet werden können.

Eben diese (chemisch) normalen Nephelinsyenite besitzen nun 1) entweder eine isomer körnige eugranitische Structur, sind also nach der von mir vertretenen Nomenclatur *Ditroite*, oder 2) eine trachytoide Structur, was ich *Foyaite* genannt habe.

Es dürfte wahrscheinlich sein, dass die Foyait-Structur — wie die trachytoide Structur überhaupt — bei Krystallisation *unter Bewegung* entstanden ist, nicht nur so, dass die einmal gebildeten Feldspath tafeln sich ungefähr parallel der Richtung der Bewegung (parallel den Wänden der Gangspalten etc.) *ordneten*, sondern vielmehr so, dass eben die Tafelform der Feldspäthe selbst ebenfalls als eine idiomorphe Begrenzung derselben aufgefasst werden muss, welche unter Bewegung des Magmas entstehen musste; dem entsprechend sind die Foyaite — mögen sie grosstafelig grobkörnig oder dünntafelig feinkörnig struirt sein — ganz vorherrschend entweder als Gangmassen oder als Grenzfacies ausgebildet, und bilden nur seltener kleine selbständige Massive.

Auf der anderen Seite ist die eugranitische Ditroit-Structur unter Abkühlung grösserer Massen entstanden, als eine richtungslos körnige Structur; wo eine Parallelstructur oder sogar Schieferigkeit in den Ditroiten auftritt, ist dieselbe entweder eine *Protoklasstructur*, so wie ich dieselbe von den Inseln des Langesundsfiords beschrieben habe,¹ oder eine sekundäre *Kataklasstructur*.

Im Loughthale finden sich ditroitisch ausgebildete Nephelinsyenite, in der jetzt fixirten Bedeutung dieser Bezeichnung, so viel mir bekannt

¹ Zeitschr. f. Kryst. B. 16 I. P. 104—113.

nicht. Dagegen finden sich ditroitische Gesteine an mehreren Stellen westlich vom Farrisvand. und namentlich am Langesundsfjord. Die grösste Masse von Ditroit ist das mehrmals von mir erwähnte Vorkommen am Eingang des Landgangsfjords, sowohl an der Ostseite desselben als auf Håö und an den Inseln *Bratholmene*. Das mittelkörnige Gestein ist vorzugsweise ein *Barkevikit-Ditroit*.

Die frühere kurze Beschreibung dieses Gesteins (in Zeitschr. f. Krystall. B. 16, I P. 104) soll hier der Vollständigkeit wegen abgedruckt werden:

«Auf dem Festlande, beim Eingang zum Landgangsfjord, an der Ostseite desselben und in der weiteren Fortsetzung nach Westen hin auf der Insel Bratholmen, tritt der Ditroit deutlich als eine *gangförmige* Masse, wohl ca. 200—250 m. mächtig, auf; das Gestein enthält Bruchstücke des normalen eläolithführenden Laurvikits, *ist also jünger als dieser*. Es besteht aus Mikroperthit, röthlichem oder grauem Eläolith, diopsidartigem, schwarzem Pyroxen (unter dem Mikroskop von hell bläulichgrüner Farbe), Barkevikit, ein wenig Biotit, Olivin und Sodalith, Magnetit, Apatit und hellgelbem Titanit. Die Hornblende erscheint öfters zerstreut in etwas grösseren Körnern, wodurch das sonst hellgraue durch und durch eugranitisch körnige Gestein ein gesprenkeltes Aussehen erhält. Längs der Grenze ist das Gestein feinkörniger, und zum Theil die Structur deutlich abweichend, indem der Feldspath hier deutlich nach dem Klino (Brachy-) pinakoid tafelförmig ist, wobei auch die Tafeln zum grossen Theile parallel angeordnet sind. Die Structur ist demnach hier *trachytoid* und ich bezeichne deshalb das Gestein der Ganggrenze als einen *Foyait*.»

Zu der obigen Beschreibung habe ich nur wenig hinzuzufügen. Doch kann bemerkt werden, dass die verschiedenen Proben des Gesteins nicht gleichmässig zusammengesetzt sind, indem in manchen Dünnschliffen das einzige dunkle Mineral der Barkevikit ist, während in anderen der eigenthümliche, wahrscheinlich N_2O -haltige Pyroxen reichlicher vorhanden ist, hier zum Theil von ganz geringen Mengen von Lepidomelan und Olivin begleitet. Von accessorischen Gemengtheilen ist ausser Titanit, *Zirkon* besonders häufig, bisweilen reichlich, in grösseren lappigen Körnern, häufig sogar nach dem Feldspath auskrystallisirt; ausserdem wurden auch *Eukolith* und noch ein seltenes ZrO_2 -haltiges Mineral, welches nicht bestimmt werden konnte, beobachtet.

Die Structur ist, wie gesagt, *eugranitisch*, fast durchgehends allotriomorph, die *gleichzeitige Krystallisation* der meisten Gemengtheile macht

sich dabei in hohem Grade geltend, so dass z. B. *Nephelin* theils in ziemlich idiomorphen Individuen, älter als Feldspath und Barkevikit, theils als Zwischenklemmungsmasse auftritt; der Barkevikit ist fast niemals idiomorph begrenzt, sondern bildet lappige Körnchen, in welche die Feldspäthe und der Nephelin zickzackförmig eindringen; zum Theil bildet er *schriftgranitische Verwachsungen* mit Feldspath und ist sehr häufig *poikilitisch* mit kleinen gut begrenzten Feldspathtafeln erfüllt, was ähnlich auch dem Nephelin gilt. — Der *Feldspath* ist theils Kryptoperthit, theils Mikroperthit (beide oft in Karlsbader-Zwillingen), der erstere der herrschende in den meisten Dünnschliffen.

Die *chemische Zusammensetzung* des Gesteins habe ich schon früher (l. c. P. 41) mitgetheilt; da in der Analyse (von Herrn G. Forsberg) TiO_2 und P_2O_5 nicht, und die FeMn-Oxyde nur als Fe_2O_3 bestimmt waren, lässt sich die Analyse schwierig berechnen. Nach einer ungefähren Berechnung besteht das Hauptgestein von Bratholmen aus ca. 63% Kryptoperthit (und Mikroperthit), ca. 18% Nephelin, ca. $1\frac{1}{2}\%$ Sodalith, ca. $15\frac{1}{2}\%$ Mg, Fe-Silikate (in der Regel ganz vorherrschend Barkevikit; in anderen Fällen Barkevikit und N_2O -haltiger Pyroxen (Aegirindiopsid) ungefähr gleich reichlich, dann auch ein Paar Procent Olivin und Lepidomelan), ca. 2% Titanit, Zirkon, Eukolith, Magnetit, Apatit.

Der TiO_2 -Gehalt wäre bei dieser Berechnung ca. 0.66%, grösstentheils von dem Al_2O_3 abzuziehen, und die Analyse ungefähr so zu corrigiren:

SiO_2	56.45 (gefunden 56.71)
TiO_2	ca. 0.66 (nicht bestimmt)
Al_2O_3	21.97 (gefunden 22.49)
Fe_2O_3 (FeO & MnO). . .	3.40
MgO	1.19
CaO	2.22
Na_2O	7.37
K_2O	5.87
H_2O	0.45
P_2O_5	ca. 0.28 (nicht bestimmt)

99.86

Das Gestein unterscheidet sich somit chemisch relativ wenig von Laurdalit (nur ärmer an Fe-Oxyden, CaO, MgO und umgekehrt etwas reicher an K_2O und Al_2O_3).

Für die protoklastischen schieferigen und mit Augenstruktur versehenen Ditroite der Inseln des Langesundsfjords und des angrenzenden

Festlandes (bei Barkevik etc., Strecke Eidanger—Birkedal) genügt es, auf die oben erwähnte frühere Darstellung hinzuweisen.

Da die Ditroite in der hier gebrauchten Definition dieser Bezeichnung überhaupt nur am Langesundsfjord (und in geringer Ausdehnung an der Westseite des Sees Farris) auftreten und im Lougenthal längs der Grenze des Laurdalitmassives zu fehlen scheinen, bleibt es wohl zweifelhaft, ob dieselben direkt mit dem Laurdalit in Verbindung gebracht werden können, oder ob sie als selbständige Eruptionen ungefähr von gleichem Alter wie der Laurdalit (beide jünger als die Laurvikite) aufgefasst werden müssen.

Dieser Zweifel ist in Beziehung auf die *Foyaite* ausgeschlossen. Die *Foyaite* sind nämlich so eng mit dem grossen Laurdalitgebiet verknüpft, dass sie ganz unzweifelhaft mit dem Laurdalit selbst in Verbindung gebracht werden müssen.

Die *Foyaite* bilden eine sehr distincte Ganggruppe von gewöhnlich mächtigen Gängen (mehrere Gänge in der Umgebung von Kvelle Kirche nach Schätzung mehrere Hundert Meter, ebenso bei Ödegården; bei Brathagen wenigstens 50 Meter, mehrere Gänge bei S. Næs, Bergan, Tutvet, Gunnersrud etc., in Hedrum ca. 120 bis 20 M., im Profil von Kjose-Åklungen Gänge von ca. 10 Meter, ebenso im Lougenthal kleinere Gänge bis nur ein Paar Meter mächtig, dann aber mit feinerem Korn). Bei allen ist die tafelförmige Ausbildung der Feldspäthe sehr deutlich, mögen die Tafeln eine Fläche von mehreren Quadratcentimetern oder nur von einigen Quadratmillimetern zeigen. Auch ist der Feldspath dieser immer relativ dünnen Tafeln fast immer ein *Mikroperthit* (nicht wie in meiner ältesten Beschreibung dieser Gesteine angegeben, Natronmikroclin) von Mikroclin und Albit (häufig auch Albit herrschend); Karlsbader-Zwillinge sind sehr verbreitet und auch Bavenozwillinge wurden in zwei Fällen beobachtet. Der Mikroperthit ist gewöhnlich recht fein lamellirt, als Moirée-Mikroperthit ausgebildet. Nur ganz ausnahmsweise (z. B. in der grossen Masse an der Landstrasse, ein Stück N. von Kvelle Kirche) ist *Natronorthoklas* (wohl Kryptoperthit) der herrschende Feldspath. Die Umrisse der Feldspath-Tafeln sind niemals in grösserer Ausdehnung regelmässig, obwohl zwar hier und da spitz-dreieckige Zwischenräume zwischen den Feldspath-Tafeln von geraden Linien derselben begrenzt sind.

Der *Nephelin* zeigt häufiger *theilweise* idiomorphe Begrenzung (immer kurzprismatisch mit $(10\bar{1}0)$ und (0001)) als herrschende Formen; seine Ecken ragen dann in die Feldspathtafeln hinein, während andere Theile derselben Körner oft offenbar gleichzeitig mit dem Feldspath gebildet sind. In grösserer Ausdehnung tritt er aber als Zwischenklemmungsmasse zwischen den Feldspathtafeln auf (namentlich schön im Heum-Gänge zu beobachten). *Sodalith* ist immer untergeordnet, oft auch fehlend; wenn vorhanden, nicht selten wie der Nephelin an einer Ecke oder Kante idiomorph begrenzt, sowohl gegen Nephelin als gegen Feldspath, obwohl auch theilweise gleichzeitig mit beiden gebildet. *Cancrinit* habe ich als primäres Mineral in den südnorwegischen Foyaite nicht beobachtet, wohl aber nicht ganz selten als sekundäre Bildung auf Kosten des Nephelins gebildet (Brathagen).

Die Pyroxen- und Hornblendemineralien der südnorwegischen Foyaite bestehen alle aus Na_2O -reichen Verbindungen.

Von Pyroxenen finden sich theils *Aegirin*, theils *Aegirindiopsid* (*Aegirinaugit*), in relativ seltenen Fällen scheint nur *Aegirin* vorhanden, gewöhnlich treten aber beide, und dann fast immer gesetzmässig verwachsen auf. Es scheint dabei eine ausnahmslose Regel zu sein, dass die eisenarmen *Aegirindiopside* den Kern, der *Aegirin* den Rand bilden; diese Verwachsung ist oft in der Weise zonar ausgebildet, dass von den an Na_2O und Fe_2O_3 armen Kerntheilen mit relativ geringerem Winkel $c:c$ eine ganz continuirliche Änderung der Zusammensetzung und der Grösse des Auslöschungswinkels $c:c$ bis nach den aus *Aegirin* bestehenden Randtheilen stattfindet, selbst dann, wenn (was in der Regel der Fall ist) der Pyroxen ganz allotriomorph begrenzt ist. In einigen wenigen Fällen scheint der Kern sogar ein gewöhnlicher Al_2O_3 -haltiger *Diopsid* zu sein, im Dünnschliff fast farblos oder mit schwach violetten Absorptionsfarben. Der *Aegirin* bildet übrigens häufig mit Feldspath oder Nephelin schöne schriftgranitische Verwachsungen.

Die *Hornblenden* der Foyaite sind sehr eigenthümlich; am häufigsten sind Glieder der *Katophoritreihe* (während im Ditroit und Laurdalit dieser Gegend fast nur *Barbekite* beobachtet sind), doch kommen auch *Riebeckite* vor; ebenso wie bei den Pyroxenen der Foyaite alle Übergänge zwischen (*Diopsid*), *Aegirindiopsid* und *Aegirin* in zonarer Verwachsung vorhanden sind, findet man nun auch ganz entsprechend bei den Hornblenden der Foyaite häufig alle Übergänge zwischen eigenthümlichen *Katophoriten* und *Riebeckit*.

Diese *Katophorite* der Foyaite unterscheiden sich in so fern von denjenigen der Sölsbergite und Grorudite als sie offenbar TiO_2 -ärmer

als diese sind, weshalb die bräunlich-rothen Farbentöne nur selten sind. Die Absorptionsfarben sind etwas wechselnd, gewöhnlich $b > c > a$ (oder $b = c > a$), wobei b häufig sehr dunkel violettgrau oder röthlich violett, seltener grünlich rothbraun (oft beinahe schwarz im Dünnschliff), c gewöhnlich dunkel olivengrün, a öfters gelblich grün bis fast reingrün. Bei anderen Gliedern können röthliche Farben mehr vorherrschen, gewöhnlich herrschen jedoch eher die grauen, grau violetten bis bläulich grünen Farben, bis man in die Riebeckitreihe mit ihren blauen Farben hinüberkommt. — Der Auslöschungswinkel $c : c$ wechselt mit der Mischung von ca. 45^0 bis zu mehr als 80^0 . Bei den mittleren Gliedern muss die Dispersion der Bissektrizen sehr bedeutend sein, da sie ganz gewöhnlich in weissem Licht in keiner Stellung dunkel werden.

Orientirte Verwachsungen mit Aegirindiopsid und Aegirin sind ganz allgemein, und zwar so dass bisweilen auch die Hornblende und der Pyroxen in zonaren Schalen wechseln (z. B. Kern von Aegirindiopsid, dann Schale von Katophorit, dann äussere Hülle von Aegirin etc.), wobei die Umrisse der einzelnen Zonen ganz unregelmässig sind; oft durchdringen der Katophorit und der Aegirindiopsid (oder Aegirin) einander auch in ganz unregelmässiger Weise, obwohl mit gemeinsamen c - und b -Achsen; auch in diesen Fällen ist eine dünne Randzone von Aegirin sehr häufig.

Sowohl die Pyroxene als die Hornblenden der Foyaite sind sehr häufig zum grossen Theil nach dem Feldspath (und nach dem Nephelin) auskrystallisirt und bilden deshalb in grösster Verbreitung eine Zwischenklemmungsmasse (Mesostasis) zwischen den Feldspathtafeln.

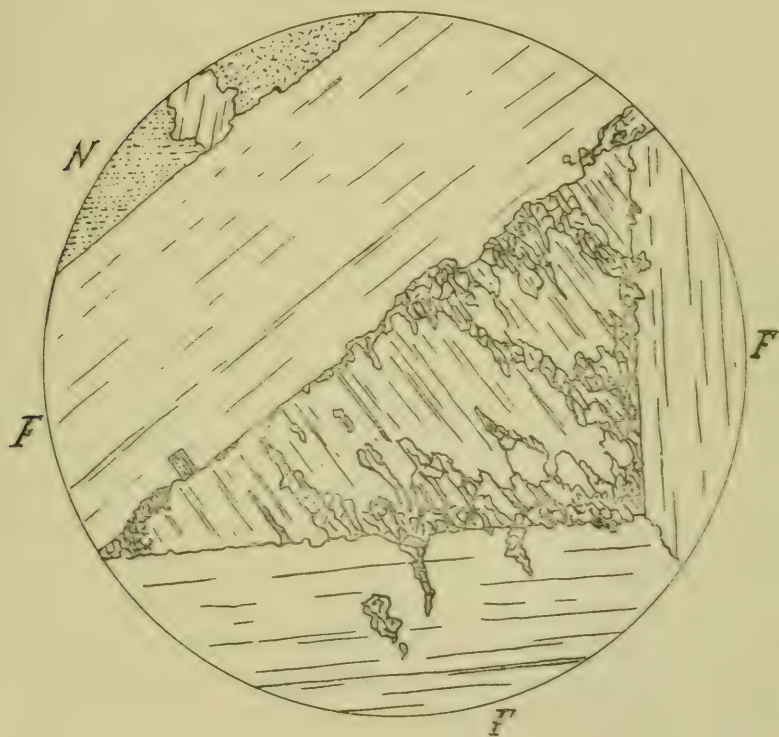
So zeigt Fig. 1 in 15 facher Vergrösserung eine Stelle eines Dünnschliffs des Foyaits von Heum; zwischen drei Mikroperthittafeln (F) ist ein dreieckiger Zwischenraum von dem genannten eigenthümlichen Katophorit eingenommen; die Hornblende ist namentlich längs dem Rande zu Pterolith umgewandelt und die Zersetzungsprodukte auch theilweise in den angrenzenden Feldspath eingedrungen; oben links Nephelin (N).

Gewöhnlich findet sich dann im selben Dünnschliff auch Aegirin oder Katophorit-Körner (prismatisch ausgezogen, obwohl nur selten idiomorph), welche *in* den Feldspath- und Nephelinkörnern liegen und deutlich früher auskrystallisirt sind. Da auch schriftgranitische Verwachsungen von Aegirin etc. mit Feldspath, wie oben erwähnt, häufig sind, hat offenbar die Bildungsperiode der Pyroxene und Hornblenden der Foyaite in der Regel recht früh angefangen, aber in grösster Ausdehnung auch *nach* der Feldspath- und Nephelinbildung fortge-

dauert, so dass häufig sogar die Hauptmasse derselben später ausgeschieden ist.

Der Katophorit der Foyaite ist in ausserordentlicher Verbreitung in *Pterolith*¹ pseudomorphosirt; die durch diesen magmatischen Umwandlungsprocess gebildeten innigen Durchwachsungen von Aegirin (und Aegirindiopsid) und Lepidomelan ähnlichem Biotit (häufig auch wohl echtem Lepidomelan) haben oft den Katophorit vollständig ersetzt.

Fig. 1.

Hornblende als Mesostasis im Foyait Heum. L¹⁵/₁.

Bisweilen sieht man sehr deutlich, wie die pterolitischen Umwandlungsprodukte von dem Katophorit aus in die anstossenden Feldspath tafeln eingedrungen sind und Spaltenfüllungen und Nester in dem durch die Lösungen angegriffenen Feldspath bilden (Foyait Heum).

Dieser Biotit der Pterolithpseudomorphosen pflegt heller und weniger pleochroitisch (weniger eisenreich) als der selbständig auskrystallisirte Lepidomelan der Foyaite zu sein.

¹ Zeitschr. f. Kryst. B. 16, II P. 418.

Der *Glimmer* der Foyaite ist gewöhnlich ein tiefbrauner oder tief rothbrauner, gewiss sehr eisenreicher und auch wohl titanreicher *Lepidomelan*; in manchen Fällen schliesst er Nadeln und Zwillinge von Rutil ein (Brathagen), ist gern sehr frisch und frei von Einschlüssen. Eine idiomorphe Begrenzung ist äusserst selten zu beobachten, gewöhnlich hat die Bildungsperiode auch für den Lepidomelan nach der Feldspathbildung angedauert. Häufig bildet er um die Erzkörnchen und um die Titanitkrystalle Aggregate von relativ früher Krystallisation, die dann oft auch durch magmatische Bewegungen auseinandergesprengte und gebogene Lamellen aufweisen. Er ist beinahe einachsigt, gewöhnlich mit sehr kleinem Achsenwinkel und sehr stark pleochroitisch (schwarz oder braunschwarz parallel zur Spaltbarkeit, hell rothbraun bis hell strohgelb senkrecht dazu). Der Lepidomelan fehlt wohl nie vollständig, ist aber bisweilen nur in ganz geringer Menge vorhanden, bei anderen Foyaiten ist er das herrschende dunkle Mineral.

Von den Übergemengtheilen ist ohne jeden Vergleich der *Titanit* am meisten verbreitet; in allen Foyaitvorkommen des Lougenthales findet sich Titanit mehr oder weniger reichlich in oft bis 5 mm. grossen Krystallen, welche häufig die langprismatische Ausbildung der Eukolit-Titanite zeigen und auch wie diese häufig Zwillinge nach (100) (*Dana's* Aufstellung) sind. Der Titanit ist in der Regel idiomorph begrenzt und früher als die Hauptmineralien des Gesteins auskrystallisirt; selbst er tritt aber in seltenen Fällen (abgesehen von der relativ späten Bildung um die Eisenerzkörnchen) als Mesostasis zwischen Nephelin und Feldspath auf (Tutvet in Hedrum).

Er scheint immer nach dem Zirkon und dem Apatit auskrystallisirt.

Zirkon findet sich z. B. im Foyait aus einem Gang N. von Löve in kleinen Prismen; im selben Gestein findet sich auch *Pyrochlore* nicht selten in äusserst winzigen, im Dünnschliff braunen Oktaëdern.

Sonst finden sich mehrere nicht näher bestimmbare seltene Mineralien (wahrscheinlich darunter Mosandrit, Hambergit(?)) in den Foyaiten des Lougenthales; auffallender Weise ist es mir nicht gelungen, den sonst recht verbreiteten Låvenit sicher nachzuweisen.

Das *Eisenerz* der Foyaite des Lougenthales ist wohl immer ein titanhaltiger Magnetit, was auch durch die häufige Umkränzung mit Titanit wahrscheinlich gemacht wird; er fehlt oft vollständig und ist niemals reichlich vorhanden; *Eisenkies* ist als Seltenheit beobachtet im Foyait von Brathagen.

Die Foyaite sind in der Regel sehr frische Gesteine; die Zersetzungsprodukte spielen deshalb gar keine Rolle. Nur die Umwandlung

des Sodalits in Spreustein und des Nephelins in Cancrinit, Kaliglimmer und Zeolithe kann beiläufig erwähnt werden.

Die **Structur** der Foyaite ergibt sich aus dem oben Gesagten; sie ist eine trachytoide, sehr gewöhnlich mit subparallelen Feldspath tafeln, wobei die mesostasisartige Füllung der Zwischenräume mit Pyroxen und Hornblendemineralien (sowie mit Nephelin) ein charakteristischer Zug ist. Porphyrtartige Ausbildung habe ich niemals beobachtet; die bisweilen idiomorphe Begrenzung der Eläolithkörner hat nichts damit zu schaffen. Bisweilen macht sich eine späte Generation von kleinen Albittafeln zwischen den grösseren Mikroperthittafeln als ein besonderes Structurelement geltend.

Die Foyaite sind typisch *leukokrate* (siehe unten) Gesteine; die dunklen Mineralien spielen immer eine untergeordnete Rolle. Man kann sie nach denselben in verschiedene Varietäten theilen, obwohl diese Theilung wenig Bedeutung hat.

Fast reine *Glimmerfoyaite* sind selten; es gehört zu dieser Abtheilung z. B. das Gestein eines grossen Ganges südlich von *Gjona* im Lougenthal. Das Gestein zeigt eine ausgezeichnet paralleltafelige Structur (mit oft mehrere Centimeter grossen dünnen Mikroperthittafeln, wie gewöhnlich oft mit Albiträndern); neben den grauen oder weissen Feldspath tafeln ist Nephelin in allotriomorphen gedrungenen Körnern reichlich, Sodalith sehr spärlich vorhanden. Unter den dunklen Mineralien herrscht tief rothbrauner *Lepidomelan* in dicken bis mehr als 5 mm. grossen Tafeln (bisweilen Andeutung von idiomorpher Begrenzung) und *Titanit*.

Die Glimmertafeln sind auch parallel der Schieferung des Gesteins angeordnet. Aegirin ist sehr spärlich, wie gewöhnlich mit Kern von Aegirindiopsid. Apatit in dicken Nadeln. Feldspath und Nephelin machen wohl $\frac{9}{10}$ des Gesteins aus. Ähnliche Glimmerfoyaite finden sich auch an der Ostseite des Lougenthales in Fjäre-Åsen, sind aber sonst seltener als die Aegirin-Glimmer-Foyaite, sie gehen in sehr eläolitharme *Hedrumite* über.

Die häufigsten Foyaite des Lougenthales sind *Aegirin-Glimmer-Foyaite*, bei welchen die Natronpyroxene und der Lepidomelan ungefähr gleich reichlich vertreten sind; zu diesen gehören z. B. der mächtige Gang von *Brathagen*, mit grossen weissen Mikroperthittafeln und grünem Nephelin und Sodalith, Lepidomelan ca. $2\frac{1}{2}\%$, Pyroxen ca. 5% , dann Titanit, Eisenerz, Apatit; die nähere Zusammensetzung geht aus der unten angeführten Analyse hervor. — Nahe übereinstimmend ist ein grosser Gang bei *Bjerke*, nicht weit von Brathagen. Im Aegirin-Glimmer-Foyait von einem Gang im Walde zwischen Gunnersröd und

Tutvet (östlich vom Lougenthal) ist der Pyroxen zum grossen Theil Diopsid mit Aegirinrand, in mehr idiomorpher Ausbildung. Gerölle von Aegirin-Glimmer-Foyaiten sind sehr häufig in der Umgegend von Laurvik und auf der ganzen Küstenstrecke bis Sandefjord; sie müssen deshalb im überdeckten Gebirge beiderseits des Lougenthales eine weite Verbreitung haben.

Die *Aegirin-Katophorit-Foyaite* führen gewöhnlich (abgesehen von dem bei der Pterolith-Bildung entstandenen Biotit) Glimmer, und zwar Lepidomelan nur in geringer Menge; *Katophorit* und *Pyroxen* (Aegirindiopsid und Aegirin) pflegen ungefähr in gleicher Menge aufzutreten. Ausgezeichnete Beispiele liefern das Vorkommen von Heum (zwischen Gjona und Lysebøfjord) und der mächtige Gang bei der Landstrasse, ungefähr $\frac{1}{4}$ Kilometer nördlich von Kvelle Kirche. Die herrschende Altersfolge in dem Heum-Gang ist: Apatit; Titanit und Eisenerz; Mikroperthit und Albit; Nephelin und Sodalith; Lepidomelan, Katophorit, Aegirindiopsid und Aegirin; dann magmatische Umwandlungsprodukte, namentlich *Pterolith* sowie eigenthümliche aus kleinen Zirkonkörnchen, Aegirinkörnchen und Erzpünktchen bestehende Aggregate, welche magmatische Pseudomorphosen nach einem Zirkonium-reichen Mineral (Katapleiit?) sind; schliesslich Spreustein (Natrolith)-Pseudomorphosen nach Sodalith und Umwandlungsprodukte des Nephelins (Zeolithe, Kaliglimmer). — Auch im Foyait von Tutvet in Hedrum findet sich (katophoritische und riebeckitische) Hornblende in geringerer Menge neben dem Aegirin.

Sämmtliche oben beschriebenen foyaitischen Ganggesteine sind ziemlich grobkörnige Gesteine, deren Feldspathtafeln häufig ein bis mehrere Centimeter lang und breit sind; diese relativ grobkörnigen nephelinreichen Gesteine zeigen an zersetzter Oberfläche sofort ihre trachytoide Tafelstructur, indem der Nephelin als leichter lösbar von den Athmosphærien ausgeätzt ist, und deshalb eine zellige ausgehöhlte Gesteinsoberfläche bewirkt hat, an welcher das Leistenwerk der Feldspathtafeln im Hautrelief hervortritt.

Unter diesen relativ grobkörnigen Gängen habe ich keinen einzigen typischen *Aegirin-Foyait*, welcher von dunklen Mineralien fast ausschliesslich Aegirin führt, beobachtet. Derartige Aegirin-Foyaite bilden aber das Gestein mehrerer relativ kleineren Gänge, welche gleichzeitig auch feinkörnigere Structur zeigen. Als Beispiele können erwähnt werden: Unter den Gängen im Walde zwischen Åsildsröd und Asbjørnsröd in Hedrum (ö. von Lougen) fand sich auch ein relativ kleintafeliger Foyait, welcher von dunklen Mineralien fast nur Aegirin führt (Lepidomelan in geringer Menge); dies Gestein besteht aus einem Leisten-

werk von sehr feingestreiftem Mikroklinmikroperthit (mit Moirestructur), dessen einzelne Tafeln, gewöhnlich Karlsbaderzwillinge, selten 5 mm. Länge überschreiten; zwischen denselben liegen zahlreiche kurze, kleinere Nephelinprismen, (1010) und (0001), mit gewöhnlich ausgezeichnet idiomorpher Begrenzung, selten als Zwischenklemmungsmasse, dann in Menge winzige Albittafeln und endlich zahlreiche lang prismatisch ausgezogene Nadeln von *Aegirin* (gewöhnlich $\frac{1}{3}$ bis $\frac{1}{2}$ mm. lang, $\frac{1}{10}$ bis $\frac{1}{20}$ mm. dick, selten grösser, mit (110) und (100) in der Vertikalzone) sowie vereinzelte Tafeln von Lepidomelan, endlich Krystalle von Titanit, Zirkon, Apatit und Erzkörnchen. Das Gestein nähert sich durch die idiomorphe Ausbildung des Nephelins (Sodalith wurde nicht beobachtet) den Nephelinporphyren. — Noch bedeutend feinkörniger ist das Gestein eines wenige Meter mächtigen Ganges im Laurdalit, westlich von der Landstrasse in der Nähe von Lunde im Lougenthal; zwischen dem kleintafeligen Leistenwerk der Mikroperthit- und Albittafeln finden sich auch hier kleine gedrungene, wenig gut idiomorphe Nephelinkörner, ferner unzählige winzige Aegirinnädelchen, und sehr spärlich hie und da ein Lepidomelanblättchen sammt Spuren von Erz, Titanit, Apatit; der Zwischenraum zwischen den Feldspathtafeln wird überdies von wasserhellem *Sodalith* als letzte Bildung eingenommen; der Sodalith ist in diesem Gestein sehr reichlich vorhanden, viel reichlicher als der Nephelin, so dass man das Gestein wohl als einen *Aegirin-Sodalithfoyaite* bezeichnen könnte.

Diese jetzt beschriebenen Aegirin-Foyaite mit nadelförmigem Aegirin sind in kleinen Gängen recht häufig sowohl im Lougenthal als am Farrissee; es sind graugrüne, feinkörnige Gesteine, welche wahrscheinlich chemisch identisch mit den Aegirintinguaiten zusammengesetzt sind und wohl durch alle structurellen Übergänge in dieselben übergehen.

Vielleicht die Fortsetzung des eben beschriebenen Aegirin-Sodalith-Foyaite-Ganges von Lunde bildet ein ca. 10 Meter mächtiger Gang im Laurdalit, ca. 200 Meter nördlich von Löve im Lougenthale. Dies Gestein ist etwas grobkörniger (mittelkörnig), mit weniger deutlicher Foyaitestructur, indem die Tafeln des sehr feingestreiften *Mikroperthits* (zum Theil Kryptoperthits) in allen Richtungen durch einander liegen, in Gemenge mit kleinen *Nephelinkörnchen* und unregelmässig lappigen Körnchen von stark bläulichgrünem *Aegirindiopsid* (Auslöschungswinkel c:c zwischen 50^0 und 60^0), welcher, abgesehen von ganz vereinzelt Lepidomelanschuppen, das einzige dunkle Mineral des Gesteins ist. Als Zwischenklemmungsmasse wie im Gestein von Lunde *Sodalith* sehr reichlich; von Übergemengtheilen sparsam *Titanit*, reichlicher *Zirkon*

und winzige Oktaëder von *Pyrochlor*, sammt Erz und Apatit. Dies Gestein ist somit ein *Aegirindiopsid-Foyait*.

In kurzer Wiederholung des obigen sehen wir, dass wir, nach den dunklen Gesteinsgemengtheilen, unter den trachytoid struirten nephelinsyenitischen Ganggesteinen im Laurdalitmassiv und seinen Umgebungen folgende Varietäten von Foyaiten unterscheiden können:

Glimmerfoyaite; Beispiel Gang S. von Gjona.

Aegirin-Glimmer-Foyaite; Beispiele, Gänge bei Brathagen, Bjerke etc.

Aegirin-Katophorit-Foyaite; Beispiele, Gänge N. von Kvelle Kirche, und von Heum.

Aegirinfoyaite; feinkörnigere Gänge mit nadelförmigem Aegirin; zum Theil reich an Sodalith; Beispiele Gänge im Walde zwischen Åsildsröd und Asbjörnsröd in Hedrum; Gang bei Lunde (*Aegirin-Sodalith-foyait*).

Aegirindiopsid-Foyaite; Gang N. von Löve im Lougenthal.

Reine Katophoritfoyaite habe ich bis jetzt nicht beobachtet und bezweifle nach meiner bisherigen Erfahrung auch, dass solche als Begleiter des Laurdalits vorkommen.

Die chemische Zusammensetzung der Foyaite der Laurdalitgesellschaft geht aus folgenden Analysen hervor, I durch Herrn *G. Forsberg* (früher vorläufig publicirt in Zeitschr. f. Kr. B. 16, I P. 41), II durch Herrn *O. N. Heidenreich*, in *L. Schmelcks* Laboratorium ausgeführt.

I. <i>Aegirin-Glimmer-Foyait</i> ; Brathagen.		II. <i>Aegirin-Katophorit-Foyait</i> ; Heum.
SiO ₂	55.50	58.61
TiO ₂ (& ZrO ₂) . .	0.50	1.10
Al ₂ O ₃	22.45	21.12
Fe ₂ O ₃	1.03	2.62
FeO	1.32	1.14
MnO	—	Spur
MgO	0.47	0.79
CaO	1.60	0.62
Na ₂ O	10.74	7.85
K ₂ O	5.48	5.93
H ₂ O (Glühverlust)	0.96	1.01
P ₂ O ₅	Spur	Spur
	100.05	100.79

Der Unterschied von der Mischung der Tinguaita ist, wie man sieht, nur unbedeutend, was vielleicht noch mehr von den reinen Aegirinofoyaiten gelten dürfte.

Die Mineralienzusammensetzung der analysirten Gesteine habe ich auf folgende Weise zu berechnen versucht:

Aegirin-Glimmer-Foyait; Brathagen.

SiO ₂	21.52	}	55.17 % Feldspäthe (Mikroperthit).
Al ₂ O ₃	6.10		
Na ₂ O	3.68		
	<hr/> 31.30 Na ₂ Al ₂ Si ₆ O ₁₆		
SiO ₂	1.08	}	55.17 % Feldspäthe (Mikroperthit).
Al ₂ O ₃	0.92		
CaO	0.51		
	<hr/> 2.51 Ca Al ₂ Si ₂ O ₈		
SiO ₂	13.82	}	
Al ₂ O ₃	3.93		
K ₂ O	3.61		
	<hr/> 21.36 K ₂ Al ₂ Si ₆ O ₁₆		
SiO ₂	12.28	}	
Al ₂ O ₃	9.05		
CaO	0.10		
Na ₂ O	4.64		
K ₂ O	1.37		
	<hr/> 27.44 Nephelin.		
SiO ₂	3.06	}	
Al ₂ O ₃	2.59		
Na ₂ O	2.10		
Cl	0.58		
	<hr/> 8.33 Sodalith.		

SiO ₂	1.04
Fe ₂ O ₃	0.69
Na ₂ O	0.27

2.00 Na₂ Fe₂ Si₄ O₁₂

SiO ₂	0.36
FeO	0.22
CaO	0.17

0.75 Fe Ca Si₂ O₆

SiO ₂	1.11
MgO	0.37
CaO	0.51

1.99 Mg Ca Si₂ O₆

4.74 Pyroxen (Aegirin
und Aegirindiopsid).

SiO ₂	0.82
TiO ₂	0.09
Al ₂ O ₃	0.17
Fe ₂ O ₃	0.30
FeO	0.62
MgO	0.10
CaO	0.02
Na ₂ O	0.05
K ₂ O	0.23
H ₂ O	0.05

2.45 Lepidomelan.

SiO ₂	0.31
TiO ₂	0.41
CaO	0.29

1.00 Titanit.

Fe ₂ O ₃	0.33
TiO ₂	0.08
FeO	0.17

0.58 Magnetit.

Spuren von Cancrinit, Zirkon, Apatit sind nicht berücksichtigt.

Rest der Analyse: $0.33 \text{ H}_2\text{O}$ (Glühv.), 0.04 CaO , $0.27 \text{ K}_2\text{O}$, 0.31 FeO }
 Zu wenig gefunden: , $0.31 \text{ Al}_2\text{O}_3$, $0.29 \text{ Fe}_2\text{O}_3$ }

Die Zusammensetzung des Mikroperthits wäre nach dieser Berechnung auf 100% berechnet:

SiO_2	66.01
Al_2O_3	19.84
CaO	0.92
Na_2O	6.69
K_2O	6.54
	<hr/>
	100.00

Diese Mischung ist fast genau dieselbe, welche durchgehends in den Mikroperthiten der nephelinsyenitischen Pegmatitgänge am Langesundsfjord etc. herrschend ist (Zeitschr. f. Kryst. B. 16, II P. 529); ich habe früher darauf aufmerksam gemacht, dass viele dieser Gänge (z. B. der Gang von Låven) eine Art Foyaite mit trachtyoider Structur von riesigem Korn, wenn man will *Riesenfoyaite* sind; ihre Mineralienzusammensetzung und durchschnittliche chemische Zusammensetzung ist auch zweifelsohne ziemlich genau dieselbe wie die der Foyaite des Lougenthales.

Die Riesenfoyaite (Nephelinsyenitpegmatite), die gewöhnlichen Foyaite und die Tinguait bilden somit eine Faciessuite von analogen Serien mit correlaten Gliedern (cfr. Eruptivgest. d. Kristianiageb. I, P. 181).

Die Mineralienzusammensetzung des Foyaits von Brathagen wäre dann nach der obigen Berechnung:

Feldspath (Mikroperthit)	ca. $55\frac{1}{4}\%$	} $91\frac{1}{4}\%$.
Nephelin (Spur von Cancrinit)	« $27\frac{1}{2}\%$	
Sodalith	« $8\frac{1}{2}\%$	
Pyroxen (Aegirin und Aegirindiopsid)	« $4\frac{3}{4}\%$	} $7\frac{1}{4}\%$.
Lepidomelan	« $2\frac{1}{2}\%$	
Titanit (Zirkon, Apatit)	« 1 %	} $1\frac{1}{2}\%$.
Magnetit (titanhaltig) & Spur von Eisenkies	« $\frac{1}{2}\%$	

Diese Mischung dürfte ungefähr die durchschnittliche Foyaitzusammensetzung repräsentiren; sie unterscheidet sich, wie man sieht, von der durchschnittlichen (typischen) Laurdalitzusammensetzung *chemisch* durch geringeren Gehalt an Fe-Oxyden, MgO und CaO, grösseren Gehalt an Alkalien (namentlich Na_2O) und Al_2O_3 , mineralogisch entsprechend durch geringeren Gehalt an dunklen, und grösseren an hellen Gesteinsgemengtheilen.

Nicht unwesentlich verschieden ist die Zusammensetzung des Foyaits von Heum, welche ich auf folgende Weise zu berechnen versuchte:

Aegirin-Katophorit-Glimmer-Foyait, Heum.

SiO ₂	26.79	}	67.76 Alkalifeldspäthe.
Al ₂ O ₃	7.61		
Na ₂ O	4.62		
<hr/>			
39.02 Na ₂ Al ₂ Si ₆ O ₁₆			

SiO ₂	18.62	}
Al ₂ O ₃	5.27	
K ₂ O	4.85	
<hr/>		
28.74 K ₂ Al ₂ Si ₆ O ₁₆		

SiO ₂	7.20
Al ₂ O ₃	5.28
CaO	0.16
Na ₂ O	2.56
K ₂ O	0.80

16.00 Nephelin.

SiO ₂	2.97
Al ₂ O ₃	0.25
Fe ₂ O ₃	1.04
FeO	0.11
MgO	0.48
CaO	0.60
Na ₂ O	0.40

5.85 Pyroxen (Aegirin & Aegirindiopsid).

SiO ₂	1.69
TiO ₂	0.05
Al ₂ O ₃	0.20
Fe ₂ O ₃	0.95
FeO	0.24
MgO	0.21
CaO	0.19
Na ₂ O	0.22
K ₂ O	0.05

3.80 Hornblende (der Katophorit-Riebeckitreihe).

SiO ₂	0.82
TiO ₂	0.09
Al ₂ O ₃	0.17
Fe ₂ O ₃	0.30
FeO	0.62
MgO	0.10
CaO	0.02
Na ₂ O	0.05
K ₂ O	0.23
H ₂ O	0.05

2.45 Lepidomelan.

SiO ₂	0.49
TiO ₂	0.66
CaO	0.47

1.62 Titanit.

SiO ₂	0.11
ZrO ₂	0.22

0.33 Zirkon.

Fe ₂ O ₃	0.33
TiO ₂	0.08
FeO	0.17

0.58 Magnetit.

Rest der Analyse: 2.32 Al₂O₃, 0.08 TiO₂ (& ZrO₂), 0.96 H₂O.

Zu wenig gefunden: 0.08 SiO₂, 0.82 CaO.

Die Analyse kann kaum ganz richtig sein, der Na₂O- und der CaO-Gehalt dürften beide zu niedrig, der Al₂O₃-Gehalt etwas zu hoch sein. Eine Berücksichtigung der Zersetzungsprodukte (Zeolithe, namentlich Natrolith, Kaliglimmer etc.) sowie eines geringen Sodalithgehaltes würde zwar die grosse Differenz zwischen den gefundenen und den berechneten Zahlen ziemlich ausgleichen, aber die Analyse dürfte dennoch nicht fehlerfrei sein. Die oben versuchte Berechnung ist deshalb gewiss nicht besonders genau; nach derselben sollte der Foyait von Heum bestehen aus:

Feldspath	ca.	68 ¹ / ₂ 0/0	}	ca. 85 0/0.
Nephelin.	«	16 ¹ / ₂ «		
Pyroxen (Aegirin & Aegirindiopsid)	«	6 «	}	ca. 12 ¹ / ₂ 0/0.
Hornblende (Katophorit-Riebeckit)	«	4 «		
Lepidomelan	«	2 ¹ / ₂ «	}	ca. 2 ¹ / ₂ 0/0.
Titanit.	«	1 ² / ₃ «		
Zirkon	«	1/3 «	}	
Magnetit	«	1/2 «		
<hr/>				
100.00				

Verglichen mit dem Foyait von Brathagen zeigt derselbe somit einen relativ grösseren Gehalt an dunklen Gesteinsgemengtheilen. Dagegen scheint der Nephelingeht gering, der Feldspathgehalt grösser zu sein als im Gestein von Brathagen.

Hedrumite.

Die typischen Foyaite des Lougenthales sind recht grobtafelige Ganggesteine mit reichlichem Gehalt an Nephelin, in der Regel mit Begleitung von Sodalith, zusammen häufig mehr als $\frac{1}{3}$ der Gesteinsmischung ausmachend. *Gleichwie in der Serie der tinguatischen Gesteine, wie ich früher nachgewiesen habe, alle Übergänge zwischen nephelinreichen Tinguaiten und nephelinfreien (auch quarzfreien) Sölvbergiten vorkommen, so finden sich nun auch in der Serie der Foyaite ganz allmähliche Übergänge zwischen den typischen nephelinreichen Foyaiten und den nephelinarmen bis ganz nephelinfreien, mehr oder weniger grobtafeligen trachytoiden hypabyssischen Gesteinen, welche also den Sölvbergiten entsprechen.* Ich habe derartige Gesteine schon mehrmals früher¹ nach dem Kirchspiel Hedrum, wo sie häufig vorkommen, als *Hedrumite* bezeichnet und werde einige Beispiele dieser Gruppe von Ganggesteinen hier näher erwähnen.

Ein derartiges Übergangsgestein, relativ ärmer an Nephelin und nur mit sehr wenig Sodalith, ist schon der Foyait eines Ganges N. von Gjona (bei der Landstrasse) im Lougenthale; das vorherrschend aus gewöhnlichen subparallelen hypidiomorphen Mikroperthittafeln (Karlsbaderzwillinge, auch Bavenozwillinge beobachtet) bestehende Gestein führt ausserdem reichlich kleine prismatische Körner von *Aegirin* (mit vorherrschendem Kern von *Aegirindiopsid*) und kleine Schuppen von *Lepi-*

¹ Z. B. in Zeitschr. f. Krystallogr. B. 16, I, P. 40 (1890): «Es ist von Interesse, dass in Hedrum zusammen mit den eläolithreichen trachytoiden Foyaiten sich auch eläolitharme bis eläolithfreie syenitische Gesteine mit genau entsprechender trachytoider Structur vorfinden; ich werde die Beschreibung dieser Gesteine (*Hedrumite*) auf meine künftige Monographie versparen.» In Eruptivgest. d. Kristianiageb. I, P. 180, sind durch eine Incurie die Hedrumite als Glieder der Serie der eisenarmen trachytoiden Gänge, anstatt als Glieder der normalen trachytoiden Gänge aufgeführt.

domelan; sehr reichlich sind auch niedliche Krystalle von *Titanit* und sparsam *Apatit*nädelchen und Spuren von Eisenerz; zwischen den grossen Mikroperthittafeln finden sich ausserdem Leistenströme von dünnen *Albit*-tafeln und ganz spärlich, meistens als Zwischenklemmungsmasse, *Nephelin*, dessen Menge kaum 10 Procent ausmachen kann.

Noch spärlicher ist der *Nephelin* und *Sodalith*-Gehalt in einem Foyait von einer Stelle am Wege zwischen Gjona und Lysebøfjord, in der Nähe des Hofes Ödegården; das grobtafelige Gestein zeigt eine ausgezeichnete Foyaitstructur; zwischen den Mikroperthittafeln findet sich als Zwischenklemmungsmasse *Aegirindiopsid* mit *Aegirin*rand sowie *Pterolith*, ferner reichlicher als diese Mineralien *Lepidomelan* in einige Millimeter grossen wenig idiomorphen Tafeln, endlich als letzte Bildung zwischen den Mikroperthittafeln ein wenig *Nephelin* (grösstentheils in *Analcim* und *Kaliglimmer* umgewandelt) und *Sodalith* (durchgehends in *Spreustein* umgewandelt); die Übergemengtheile sind die gewöhnlichen: *Titanit*, *Apatit*, *Eisenerz* (*Magnetit* und *Eisenkies*). Dies Gestein ist schon zu arm an *Nephelin* um als ein Foyait bezeichnet werden zu können; es verhält sich wie die nephelinarmen *Laurvikite* zu den *Laurdaliten* oder wie die nephelinarmen *Sölvbergite* zu den *Tinguaiten*. Es ist ein nephelinführender *Glimmerhedrumit* mit untergeordnetem *Aegiringehalt*. Das rothe, auf den Schieferungsflächen von den Glimmertafeln schwarz gefleckte Gestein sieht makroskopisch ziemlich wie ein *Syenit* aus; einige Stücke des grossen Ganges zeigen auch kaum Spur von *Nephelin*.

Ein zweites Gestein einer gewaltigen Gangmasse zwischen Lien und Heum, ebenfalls westlich vom Lougenthal, ein nephelinführender *Glimmerhedrumit*, führt als dunkle Mineralien ausschliesslich braunen *Lepidomelan* in 2 bis 5 Mm. grossen, manchmal hübsch 6-seitigen Tafeln. Das rothe, recht grobtafelige Gestein zeigt zwischen den Mikroperthittafeln als Zwischenklemmungsmasse spärlich *Nephelin* (meistens in *Zeolithe* umgewandelt), dann reichlich *Titanit* in schönen Krystallen, ferner grosse Prismen von *Apatit* und sehr sparsam *Magnetit*; von *Pyroxen* und *Hornblende* keine Spur. Der *Nephelinge*halt mag vielleicht 5—8 Procent betragen, das Gestein steht also auf der Grenze zwischen den *Glimmerfoyaiten* und den *Glimmerhedrumiten*; da der *Nephelinge*halt bei den ersteren typisch 5 bis 6 mal grösser ist, rechne ich das Gestein lieber zu den letzteren. Genau entsprechende rothe grosstafelige *Glimmerhedrumite* finden sich an mehreren Stellen in Hedrum östlich vom Lougenfluss, so z. B. an einer Stelle am Wege zwischen S. Næss und Bergan; das Gestein ist hier vollkommen parallel-schieferig wegen der trachytoiden Structur.

Noch spärlicher ist der Nephelingegehalt bei dem trachytoiden mittelkörnigen hellröthlichen Gestein, welches östlich vom See Åsrumvand und vom Fjæreelv eine gewaltige Gangmasse bildet zwischen Högvik und Åsrum und weiter nördlich bis südlich von Tutvet in Hedrum, und welche auch auf der Westseite des Flusses Fjæreelv in der Anhöhe Fjæreåsen fortsetzt; man bekommt an Ort und Stelle den Eindruck, dass die ebendasselbt auftretenden nephelinreichen Foyaite nur eine andere Facies derselben Masse ausmachen. Die *Mikroperthit*-tafeln dieses Gesteins zeigen häufig einen Kern von Kryptoperthit, und die Zwischenräume zwischen denselben werden theils von *Aegirin*, theils von *Albit*, zum geringeren Theil auch von Nephelin (zeolithisirt) eingenommen. Der braune *Lepidomelan* und der *Aegirin* sind beide ungefähr in gleicher Menge da, beide spärlich. Ausserdem wie gewöhnlich Titanit, wenig Magnetit und Apatit. Das Gestein ist somit ein *Aegirin-Glimmer-Hedrumit*.

Sehr arm an dunkle Mineralien (*Aegirindiopsid* mit ganz schmaler Randzone von *Aegirin*, und *Lepidomelan*) ist das graue trachytoide mittelkörnige Gestein einer grossen Gangmasse vom Ostabhang der Höhe Fjæreåsen; die Feldspathtafeln (5—8 mm. lang) bestehen hier vorherrschend aus Kryptoperthit, mit Randtheilen von Mikroperthit. Titanit, Apatit, Magnetit wie gewöhnlich. Von Nephelin ist hier kaum noch Spur vorhanden, gewiss weniger als 1 Procent. Dies Gestein ist somit ein *Aegirindiopsid-Glimmer-Hedrumit*.

Die Hedrumite haben überhaupt eine grosse Verbreitung in der Umgegend des Åsrum-Sees und des Fjære-Flusses in Hedrum, obwohl sie auch westlich vom Lougenfluss, namentlich zwischen Gjona und Jonsmyr, sammt zwischen Kvelle und Kvelsvik, hier namentlich N. vom See Skjærsjö, auftreten.

Der Hedrumit scheint an der letzten Stelle entweder als Grenzfacies von Pulaskit oder als eine grosse Apophyse des angrenzenden Pulaskitgebietes aufgefasst werden zu müssen; er schliesst hier am Wege grosse Bruchstücke eines ziemlich Mg-Fe-reichen Glimmersyenites ein, welcher unmittelbar längs der Westgrenze des Laurdalits zwischen Skjærsjö und Lövås an diesen angrenzt.

Auch östlich vom Lougenfluss treten Hedrumit und Pulaskit in naher Verbindung mit einander auf, so z. B. bei Vestrum. Schön abgeschlossen ist eine bedeutende Masse von Hedrumit an der neuen Chaussée zwischen Sundet und Delingsdal am Åsrum-See; das unten näher erwähnte, sehr frische perlgraue Gestein, welches theils mehr nephelinreich (in Foyait übergehend, siehe die Analyse unten), theils ganz nephelinarm ist, ist durchgehends tafelig trachytoid struirt. Es enthält Bruchstücke

und schlierenförmige Massen von grobkörnigem Pulaskit und scheint vielleicht als eine Facies von Pulaskit aufgefasst werden zu müssen. Vielleicht ist diese Masse am Åsrum-See nur eine Fortsetzung der Masse von Fjære-Tutvet-Åsrum etwas weiter gegen N.O.

Es ist deshalb wahrscheinlich, dass ein Theil der Hedrumitvorkommen sich nahe an die chemisch gleich zusammengesetzten Pulaskite — in welche sie auch petrographisch structurell übergehen — anschliesst; auf der anderen Seite sind andere Hedrumitvorkommen mit den Foyaitgängen des Lougenthales petrographisch und in ihrem geologischen Vorkommen so innig verknüpft, dass sie theilweise dem Gangfolge des Laurdalits angehören müssen. In jedem Falle sicher zu entscheiden mit welchem der Hauptgesteine, Pulaskit oder Laurdalit, die einzelnen Hedrumitvorkommen geologisch am nächsten verknüpft sind, dürfte kaum möglich sein. Wir müssen hier daran erinnern, dass Nephelinsyenite und Pulaskite selbst geologisch innig verbundene Massen darstellen; sie sind es in dieser Gegend, und sie scheinen auch an anderen Vorkommen sehr innig verknüpft zu sein, so z. B. in der Serra de Monchique¹ und in Arkansas.² In der Serra de Monchique wäre nach *Kraatz-Koschlau* und *Hackman* der Pulaskit in der Foya vielleicht nur eine in höherem Niveau erstarrte Facies (Grenzfacies?) des Nephelinsyenits der Picota; in Fourche Mountain hat *Fr. Williams* für seinen «blue granite» (Pulaskit) und seinen «gray granite» (Nephelinsyenit) ein ähnliches Verhältniss angedeutet. Wenn die Beziehung zwischen Pulaskit und Laurdalit bei dem norwegischen Vorkommen auch nicht eben auf derartige Weise mit Sicherheit gedeutet werden kann, so sind doch auch hier beide Gesteine jedenfalls sehr innig verbunden.

Östlich vom Lougen zwischen Næs und dem Åsrum-See bekommt man den Eindruck, dass Foyait, Hedrumit, Pulaskit und Glimmersyenit in mächtigen Streifen (mit ungefähr N.N.W.—S.S.O.-lichem Streichen) schlierenartig wechseln, obwohl auch Gänge der ersteren in den letzteren auftreten. Die Hedrumite spielen deshalb hier in Hedrum eine solche Rolle, dass ich sie nach diesem Hauptbezirk ihrer Verbreitung benannt habe.³ Typische Hedrumite treten aber im Kristianiagebiete auch ausserhalb des Laurdalitgebietes auf, sowohl im Kristianiathal selbst, als auf Gran etc.

¹ *K. v. Kraatz-Koschlau* und *V. Hackman* l. c. P. 220.

² *Fr. Williams* l. c. P. 120.

³ Ich muss bemerken, dass die Pulaskite von *Fr. Williams* als «dike-rocks» bezeichnet wurden, und deshalb wahrscheinlich sowohl meine Hedrumite, als was oben nach dem Vorgang von *Rosenbusch* Pulaskite genannt wurde, umfassten.

Im Kirchspiel Gran, NW. von Kristiania, gehört der bei einer früheren Gelegenheit erwähnte Gang vom See *Skirstad-Kjern* (in der Nähe des Sölvberges) hierher; diese in silurischen Schichten der Etagen 3 und 4 aufsetzende, ca. 15 Meter mächtige NW.—SO. streichende Gangmasse wurde früher¹ als Foyait angeführt. Der Nephelingegehalt ist aber zu gering, um das Gestein zu den Foyaiten zu rechnen, was auch in der Analyse in dem niedrigeren Alkali- und Al_2O_3 -Gehalt seinen Ausdruck findet; es ist in der That ein ziemlich typischer Hedrumit. Das perlgraue Gestein ist wegen der trachytoiden Structur vollkommen schieferig, auf den schimmernden Schieferungsflächen glänzen einige Millimeter grosse Tafeln von tiefbraunem, scheinbar einachsigem Lepidomelan, auch sieht man ganz vereinzelt einige Millimeter grosse Einsprenglinge von Feldspath.

Unter dem Mikroskop sieht man, dass das Gestein ganz vorherrschend aus dünnen Feldspathtafeln besteht; sie sind gewöhnlich ein Paar Millimeter lang und ganz dünn, und bilden parallele Ströme; als Zwischenklemmungsmasse ganz sparsam Nephelin, zum Theil auch Albit. Von dunkeln Mineralien ausser den erwähnten Einsprenglingen von dicken schön idiomorphen Lepidomelantafeln auch vereinzelt Einsprenglinge von gewöhnlichem Diopsid ($c:c$ ca. 45°) mit ganz schmaler Randzone von Aegirin. Dieselben Mineralien Lepidomelan und Diopsid mit Aegirinrand (in kurzen Prismen) finden sich auch in der Grundmasse ungefähr gleich reichlich und mit idiomorpher Ausbildung (so dass ein Unterschied zwischen diesen und den makroskopisch sichtbaren Einsprenglingen derselben Mineralien nur in der Grösse liegt). Apatit ist reichlich in den grossen Lepidomelantafeln in schönen Nadeln vorhanden, sehr spärlich Magnetit und Eisenkies. — Sowohl bei den kleinen als bei den grossen Pyroxenprismen ist kein Übergang vorhanden zwischen dem (idiomorphen) farblosen Diopsidkern und dem tiefgrünen und blauen Aegirinrand; dieser letztere ist häufig *nach* den Feldspathtafeln auskrystallisirt und bildet Zwischenklemmungsmasse zwischen denselben. — Die Feldspatheinsprenglinge zeigen rektanguläre Schnitte; sie bestehen aus *Natronmikroklin*; sie schliessen Lepidomelantafeln und Diopsidkörner *ohne Aegirinrand* ein, sind also offenbar älter als die Aegirinzone auch der grösseren Diopsid-Einsprenglinge. Der tafelförmige Feldspath der Grundmasse ist jedenfalls zum Theil Mikroperthit, wie immer in den Foyaiten und Hedrumiten gewöhnlich in Karlsbaderzwillingen.

¹ Siehe Eruptivgest. d. Kristianiageb. I P. 181, und Tab. III.

Ausser Nephelin tritt sehr sparsam auch ein isotropes Mineral, wahrscheinlich *Analcim* als letzte Bildung auf. Die Krystallisationsfolge des Gesteins ist somit (indem wie gewöhnlich auch die gleichzeitige Krystallisation mehrerer der nach einander aufgeführten Mineralien wegen des Fortdauerns ihrer Ausscheidung berücksichtigt werden muss): Apatit, Eisenerz. Lepidomelan; Diopsid; Anorthoklas. Mikroperthit; Aegirin und Aegirinrand um den früher gebildeten Diopsid. Albit, Nephelin, Analcim (?).

Das Gestein der Ganggrenze dieses Ganges ist grüngrau, beinahe dicht, stärker zersetzt; die dunklen Mineralien der Grundmasse sind hier zu Chlorit umgewandelt.

Obwohl dieser Hedrumit vom Skirstad-See-Gange in mehreren Beziehungen — durch etwas feineres Korn und durch die Andeutung einer porphyrtartigen Structur sich von den typischen Hedrumiten des Lougenthales unterscheidet, muss derselbe dennoch entschieden zu den Hedrumiten gerechnet werden. Dasselbe gilt auch von einigen Ganggesteinen des Kristianiathales, welche keine Spur mehr von Nephelin führen, obwohl sie andererseits auch nicht Quarz führen, also Gesteine, welche chemisch und mineralogisch so ziemlich den nephelin- und quarzfreien Sölvbergiten entsprechen. Als Typus dieser Gänge kann das Gestein eines in silurischen Schichten der Etagen 4 aufsetzenden Ganges angesehen werden, welcher ungefähr 12 Meter mächtig in der Richtung S. 5° O. — N. 5° W. quer über die Insel Gåsö, dann quer über die Insel Ostö streicht; es ist wahrscheinlich derselbe Gang, welcher auch bei der Glashütte Hövik und beim Hofe Hövik (nicht Bahnhof) ansteht und auch noch weiter nördlich in derselben Richtung an der Landstrasse zwischen Lökken und Garlös in Bärum aufgeschlossen ist, also im Ganzen ca. 9 Kilometer verfolgt ist.

Das hellrothe, mittelkörnige bis feinkörnige Gestein zeigt eine ausgesprochene trachytoide Structur mit Andeutung von Porphystructur, indem äusserst spärliche Einsprenglinge von Mikroklinmikroperthit makroskopisch beobachtet werden; der Feldspath der Grundmasse bildet dünne subparallele Tafeln, 1 bis 3 mm. lang, aus Mikroperthit, stark getrübt, und häufig in Karlsbaderzwillingen. Von dunkeln Mineralien finden sich reichlich kleine (gewöhnlich höchstens 1 mm. grosse) ziemlich idiomorphe Tafeln von tiefbraunem *Lepidomelan*, theilweise in grünen Chlorit umgewandelt; blauer *Riebeckit*, welcher auch schon von *Rosenbusch*¹ erwähnt wurde, ist so spärlich, dass er nur mit Mühe und nicht

¹ Mikr. Phys. B. II, P. 465 (3. Aufl.).

in allen Dünnschliffen entdeckt wird. Endlich winzige Körnchen von *Magnetit* mit Spur von FeS_2 und sehr sparsam *Titanit*, *Zirkon* sammt *Apatit*.

Die eckigen Zwischenräume zwischen den Feldspathtafeln sind theils von orientirtem, klarem Albit, theils von Kalkspath als letzte Füllung eingenommen.

Von Quarz oder von Nephelin ist keine Spur zu entdecken. Dünne isomer körnige aplitische Adern (fast ausschliesslich aus Feldspath bestehend) durchsetzen das Gestein.

Die Ganggrenze wird eingenommen von einem makroskopisch dichten, grüngrauen, unter dem Mikroskop ebenfalls trachytoid struirten Gestein, bei welchem das Glimmermineral durch und durch in grünen Chlorit umgewandelt ist, ganz wie im Hedrumit vom Skirstad-See.

Dieses oben beschriebene Ganggestein von Ostö ist somit ein reiner *Glimmerhedrumit*, nur durch die schwache Andeutung einer porphyrartigen Ausbildung und durch etwas feineres Korn von manchen typischen Glimmerhedrumiten des Lougenthales zu unterscheiden.¹

Die Grenzzonegesteine der Gänge vom Skirstad-See auf Gran sowie von Ostö im Kristianiafjord können beide als *Glimmersölvbergite* bezeichnet werden.

Was nun die *chemische Zusammensetzung* der Hedrumite betrifft, so ist dieselbe entsprechend ihrem niedrigen oder fehlenden Nephelin-gehalt — im Vergleich mit derjenigen der Foyaite — durch einen geringeren Gehalt an Alkalien und Al_2O_3 charakterisirt. Analysen der am meisten typischen Hedrumite des Lougenthales habe ich nicht ausführen lassen, weil die meisten Vorkommen mir zu wenig frisch schienen. Der Hedrumit von der Chaussée zwischen Sundet und Delingsdal am Åsrum-See zeigt in dem analysirten Stück schon ziemlich eine Foyaitzusammensetzung (I), während andere Stufen desselben Vorkommens entschieden nephelinärmer sind. Ich zog es deshalb vor, die nach beiden Seiten hin einigermaßen extremen Typen der oben zuletzt beschriebenen Hedrumitgänge vom Skirstad-See auf Gran (II) und von Ostö im Kristianiafjord (III) analysiren zu lassen; die erstere dieser Analysen ist schon früher (l. c.), aber ohne Berechnung derselben publicirt. Alle Analysen sind im Laboratorium des Herrn *L. Schmelck* von Herrn *V. Schmelck* ausgeführt.

¹ *Rosenbusch*, dem ich 1888 dies Ganggestein an Ort und Stelle demonstrieren konnte, rechnet (l. c.) dasselbe zu den Apliten; wie unten näher erwähnt, kann ich damit nicht einverstanden sein.

Analysen von Hedrumiten.

	I. Sundet, Åsrum-See.	II. Skirstad- See.	III. Ostö.	Mittel.
SiO ₂	59.88	57.52	60.50	59.30
TiO ₂	0.85	0.92	0.75	0.84
Al ₂ O ₃	17.87	18.46	16.86	17.70
Fe ₂ O ₃	2.67	2.23	1.67	2.19
FeO	1.50	2.44	2.54	2.16
MnO	Spur	1.20	0.20	0.47
MgO	1.04	1.08	1.11	1.08
CaO	2.01	2.12	2.95	2.36
Na ₂ O	7.96	7.58	6.46	7.33
K ₂ O	5.69	4.08	5.42	5.06
H ₂ O (Glühv. ÷ CO ₂)	0.90	1.80	1.40	1.37
P ₂ O ₅	0.32	0.21	0.21	0.25
CO ₂	—	—	0.70	—
	100.69	99.64	100.77	

In allen Analysen ist, wie man sieht, der Alkaligehalt nur zwischen ca. 11¹/₂ und 13¹/₂ 0/0, während er bei den Foyaiten um 15—16 0/0 liegt; entsprechend ist auch der Al₂O₃-Gehalt nur ca. 17 bis 18¹/₂ 0/0, bei den Foyaiten ca. 22¹/₂ bis 24 0/0.

Die Analysen können nach dem Befund unter dem Mikroskop ungefähr in folgender Weise berechnet werden.

Hedrumit Skirstad-See.

SiO ₂	33.40	}	69.36 0/0 Feldspäthe.
Al ₂ O ₃	9.45		
Na ₂ O	5.75		
	48.60 Na ₂ Al ₂ Si ₆ O ₁₆		
SiO ₂	1.50	}	69.36 0/0 Feldspäthe.
Al ₂ O ₃	1.27		
CaO	0.70		
	3.47 Ca Al ₂ Si ₂ O ₈		
SiO ₂	11.06	}	69.36 0/0 Feldspäthe.
Al ₂ O ₃	3.14		
K ₂ O	3.09		
	17.29 K ₂ Al ₂ Si ₆ O ₁₆		

SiO₂ 2.81

Al₂O₃ 2.06

CaO 0.06

Na₂O 1.01

K₂O 0.31

6.25 Nephelin.

SiO₂ 5.35

Al₂O₃ 0.75

Fe₂O₃ 1.07

FeO (& MnO) 0.54

MgO 0.82

CaO 1.15

Na₂O 0.41

10.09 Pyroxen (Aegirin und Diopsid, mit
3.08 Aegirinsilikat, 5.51 (Mg, Fe) Ca Si₂O₆, 1.50 Mg Al₂ SiO₆).

SiO₂ 3.50

TiO₂ 0.40

Al₂O₃ 1.34

Fe₂O₃ 0.84

FeO & MnO 2.96

MgO 0.26

CaO 0.10

Na₂O 0.26

K₂O 0.90

H₂O 0.35

10.91 Lepidomelan.

SiO₂ 0.10

TiO₂ 0.13

CaO 0.09

0.32 Titanit.

P₂O₅ 0.21

CaO 0.27

F 0.02

0.50 Apatit.

Fe_2O_3	. . . .	0.32
FeO}	. . . .	0.14
TiO_2	. . . .	0.20

0.66 Titanomagnetit (Spur von FeS_2).

Rest der Analyse: 0.19 TiO_2 , 0.45 Al_2O_3 , 0.15 Na_2O ; 1.43 H_2O (Glühv.)
Zu wenig gefunden: 0.20 SiO_2 , 0.25 CaO , 0.22 K_2O }

Es muss bemerkt werden, dass der MnO -Gehalt entschieden zu hoch sein muss; er ist deshalb mit dem FeO -Gehalt zusammen gerechnet. Der berechnete Nephelingeht hätte eigentlich theilweise als Zeolithe berechnet sein sollen. Der *Lepidomelan* muss, wie die starke Absorption zeigt, sehr eisenreich sein; die berechnete Zusammensetzung wäre: 32.10 SiO_2 , 3.67 TiO_2 , 12.28 Al_2O_3 , 7.70 Fe_2O_3 , 27.13 FeO & MnO , 2.38 MgO , 0.91 CaO , 2.38 Na_2O , 8.25 K_2O und 3.20 H_2O und F (cfr. *Lepidomelan* von Miask, E. S. Dana Min. P. 630, No. 22).

Der *Pyroxen* ist vorherrschend ein gewöhnlicher Diopsid; der Aegirin sollte ungefähr $\frac{1}{3}$ der gesammten Pyroxenmenge ausmachen, was gut mit der Beobachtung stimmt. Der Feldspath ist nur in den Einsprenglingen ein Natronmikroklin; derselbe kann nur höchstens $\frac{1}{3}$ Procent ausmachen. Es giebt deshalb keinen nennenswerthen Fehler, wenn man die Durchschnittszusammensetzung des Feldspaths gemeinsam berechnet; dieselbe wäre ungefähr:

66.26 SiO_2 , 19.98 Al_2O_3 , 1.01 CaO , 8.29 Na_2O , 4.46 K_2O .

Der Hedrumit vom See Skirstad-Kjern, Gran, sollte demnach ungefähr bestehen aus:

ca. 70 % Alkalifeldspäthe	}	76 $\frac{1}{2}$ %.
6 $\frac{1}{2}$ « Nephelin (mit Analcim und anderen Zeolithen)		
« 11 $\frac{1}{2}$ « Lepidomelan	}	22 %.
« 10 $\frac{1}{2}$ « Pyroxen (Aegirin und Diopsid)		
« $\frac{2}{3}$ « Magnetit	}	1 $\frac{1}{2}$ %.
« $\frac{1}{2}$ « Apatit		
« $\frac{1}{3}$ « Titanit		

Hedrumit (Foyait) von der neuen Chaussée zwischen Sundet und Delingsdal, am Åsrum-See (östlich vom Lougenthal, Hedrum).

SiO_2	30.78	}
Al_2O_3	. . . .	8.74
Na_2O}	. . . .	5.31
		44.83	
			$\text{Na}_2\text{Al}_2\text{Si}_6\text{O}_{16}$

SiO₂ 0.63Al₂O₃ 0.47

CaO 0.26

1.36 Ca Al₂ Si₂ O₈

72.67 % Feldspäthe.

SiO₂ 17.19Al₂O₃ 4.80K₂O 4.4926.48 K₂ Al₂ Si₆ O₁₆SiO₂ 3.28Al₂O₃ 2.41

CaO 0.07

Na₂O 1.18K₂O 0.36

7.30 Nephelin.

SiO₂ 5.59Al₂O₃ 0.25Fe₂O₃ 2.00

FeO 0.18

MgO 0.82

CaO 1.14

Na₂O 0.78

10.76 Pyroxen (Aegirin und Aegirinaugit, mit

5.78 % Na₂ Fe₂ Si₄ O₁₂, 4.48 % (Mg, Fe) Ca Si₂ O₆ und 0.50 %Mg Al₂ SiO₆).SiO₂ 0.91TiO₂ 0.05Al₂O₃ 0.08Fe₂O₃ 0.18

FeO 0.58

MgO 0.05

CaO 0.09

Na₂O 0.14K₂O 0.02

2.10 Hornblende.

SiO ₂	0.99
TiO ₂	0.09
Al ₂ O ₃	0.35
Fe ₂ O ₃	0.19
FeO	0.66
MgO	0.17
CaO	0.02
Na ₂ O	0.06
K ₂ O	0.27
H ₂ O, F	0.08
<hr/>	
2.88	Lepidomelan.

SiO ₂	0.90
Al ₂ O ₃	0.77
K ₂ O	0.24
H ₂ O	0.09
<hr/>	
2.00	Muscovit.

P ₂ O ₅	0.32
CaO	0.43
F	0.05
<hr/>	
0.80	Apatit.

Fe ₂ O ₃	0.36
FeO	0.18
TiO ₂	0.30
<hr/>	
0.84	Eisenerz (titanreich).

Rest der Analyse: 0.41 TiO₂ , 0.49 Na₂O, 0.21 K₂O, 0.73 H₂O.
 Zu wenig gefunden: 0.39 SiO₂ }

Der Nephelingegehalt hätte zum Theil als Zeolithe (Analcim etc.) berechnet sein sollen; der Pyroxen ist ganz vorherrschend *Aegirin*, daneben untergeordnet *Aegirinaugit*; in manchen Körnern ist der *Aegirin* rein vorhanden, andere zeigen eine wunderschöne Zonarstructur mit Diopsid in der Mitte, ganz allmählich in *Aegirin* übergehend (mit Auslöschungswinkeln zwischen ca. 38° und ca. 93°).

Der Alkaligehalt scheint ein wenig zu hoch, da der Nephelingegehalt sicher *nicht* grösser als berechnet sein kann.

Die Zusammensetzung der Feldspäthe ist, wie gewöhnlich, eine durchschnittliche; ausser Mikroperthit (herrschend) kommt auch ein wenig Mikroklin und Natronmikroklin, sowie als letzte Bildung (in kleinen Drusenräumen) auch Albit vor.

Lepidomelan und Hornblende (Zusammensetzung unsicher) ist nur ganz untergeordnet vorhanden. Ausser titanhaltigem Eisenerz auch ein wenig Eisenkies.

Die Zusammensetzung des Hedrumits von Sundet wäre somit ungefähr:

ca. 73	%	Alkalifeldspäthe	}	80 ¹ / ₂ %.
7 ¹ / ₂	%	Nephelin (mit Analcim etc.)		
3	%	Lepidomelan	}	16 %.
11	%	Pyroxen (Aegirin und Aegirinaugit)		
2	%	Hornblende	}	2 %.
2	%	Muskovit		
3/4	%	Eisenerz	}	1 ¹ / ₂ %.
3/4	%	Apatit		

Der Hedrumit von Sundet nähert sich somit schon stark einer Foyaitzusammensetzung. Das Gestein ist sehr frisch, hell perlgrau gefärbt, bald grobtafelig, bald etwas feiner tafelig struirt; die von der neuen Chaussée hier durchgeschnittene mächtige Masse ist nicht ganz einheitlich, indem, wie schon oben erwähnt, gewisse Partien derselben nephelinarm erscheinen, während andere (wie das analysirte Stück) reicher an Nephelin sind.

Hedrumit, Ostö, Kristianiafjord.

SiO ₂	36.92	}	83.59 % Feldspäthe.
Al ₂ O ₃	10.49		
NaO	6.34		
	53.75 Na ₂ Al ₂ Si ₆ O ₁₆		
SiO ₂	1.34	}	
Al ₂ O ₃	1.14		
CaO	0.62		
	3.10 Ca Al ₂ Si ₂ O ₅		
SiO ₂	17.30	}	
Al ₂ O ₃	4.92		
K ₂ O	4.52		
	26.74 K ₂ Al ₂ Si ₆ O ₁₆		

SiO ₂	4.99
TiO ₂	0.75
Al ₂ O ₃	0.94
Fe ₂ O ₃	1.40
FeO	2.41
MnO	0.20
MgO	1.11
CaO	0.15
Na ₂ O	0.12
K ₂ O	0.90
H ₂ O	0.55

13.52 Lepidomelan.

P ₂ O ₅	0.21
CaO	0.27
F	0.02

0.50 Apatit.

CO ₂	1.07
CaO	1.37

2.44 Ca CO₃

Fe ₂ O ₃	0.27
FeO	0.13

0.40 Magnetit.

Rest 0.54 CaO, 0.85 H₂O (Glühv.)

Zu wenig gefunden: 0.05 SiO₂, 0.63 Al₂O₃, 0.37 CO₂.

Nach dieser Berechnung sollte der Lepidomelan eine Mischung haben, welche nicht allzu sehr von derjenigen des Lepidomelans im Hedrumit von Skirstad-See abweichen würde (auf 100 berechnet bestehend aus: 36.86 SiO₂, 5.54 TiO₂, 6.95 Al₂O₃, 10.34 Fe₂O₃, 17.92 FeO, 1.48 MnO, 8.20 MgO, 1.11 CaO, 0.88 Na₂O, 6.65 K₂O, 4.07 H₂O & F). Für den Feldspath kann ca. 5 % für die Füllung der ursprünglichen Zwischenräume zwischen den Mikroperthittafeln mit Albit abgezogen werden, für den Mikroperthit selbst erhält man dann eine durchschnittliche Mischung von

66.32 SiO₂, 19.82 Al₂O₃, 0.79 CaO, 7.30 Na₂O, 5.77 K₂O.

Die geringen Mengen von Riebeckit, Zirkon, Titanit, Eisenkies etc. sind zu unbedeutend, um bei der Berechnung berücksichtigt werden zu können.

Nach der obigen Berechnung sollte der Hedrumit von Ostö also bestehen aus ungefähr:

ca. 83	% Alkalifeldspäthe	} 83 %.
z 13 $\frac{1}{2}$	« Lepidomelan (& Chlorit, Riebeckit)	} 13 $\frac{1}{2}$ %.
z 1 $\frac{1}{2}$	« Apatit	} 1 %.
z 1 $\frac{1}{2}$	« Magnetit (Eisenkies, Titanit, Zirkon etc.)	
z 2 $\frac{1}{2}$	« Kalkspath.	

Die Zusammensetzung der oben erwähnten, analysirten Hedrumite dürfte ungefähr der gewöhnlichen Zusammensetzung dieser Gesteine entsprechen; obwohl somit die Vorkommen des Lougenthales nur unvollständig analysirt sind, dürfte ihre chemische Mischung wahrscheinlich innerhalb der Grenzen der oben angeführten Analysen fallen. Es ist sehr bemerkenswerth, wie äusserst empfindlich der um ca. 1 $\frac{1}{2}$ % höhere Na₂O-Gehalt beim Gestein von Sundet, verglichen mit dem von Ostö, sich sofort in einem beträchtlichen Nephelingeht kund giebt.

Die chemische Zusammensetzung der Hedrumite entspricht, wie der Vergleich mit den wenigen vorhandenen Analysen zeigt, derjenigen der *Pulaskite* unter den echt abyssischen Gesteinen.

Von den hier angeführten Pulaskitanalysen ist diejenige vom Festlande bei der Lövåsbucht an der Ostseite vom Farris-See *neu*; dieselbe ist von Herrn Amanuensis P. Schei ausgeführt. Das Gestein ist ein mittelkörniger hellröthlicher bis weisser Pulaskit mit typischer Pulaskit-structur fast nur aus Alkalifeldspath (Mikroperthit) mit ein wenig Aegirin, Aegirinaugit, Alkalihornblende und Spuren von Biotit, Titanit, Eisenerz und Apatit bestehend).¹

Die Analyse des Pulaskits von Foss im Lougenthal, Norwegen, wurde früher unter dem Namen *Akerit* von Foss publicirt (Eruptivgest. d. Kristianiageb. II. P. 33); ich hatte das Gestein schon 1890 unter diesem Namen erwähnt (Zeitsch. f. Kryst. B. 16, I P. 47; das Augitsyenitgebiet von Hemb und Tuft); charakteristisch für dasselbe ist die eugranitische Structur mit *rektangulärem* Feldspath, sowie das Fehlen von Quarz und Nephelin. Ich fasste damals derartige grobkörnige bis mittelkörnige echt eugranitische Gesteine wie dasjenige von Foss in Tuft und andererseits die mittel- bis feinkörnigen eigenthümlich struirten typischen Akerite vom Ullernås, Vettakollen etc. bei Kristiania, sowie

¹ Beim Drucken der Pulaskitanalysen P. 33 war diese Analyse noch nicht fertig.

Hedrumit; Skirstad-See, Gran.	Hedrumit; Sundet Hedrum.	Hedrumit; Östö, bei Kristiania.	Pulaskit; Foss im Lougenthal.	Pulaskit; ¹ Fourche M. Arkansas.	Pulaskit; (?) Shields River, Montana.	Pulaskit; ³ Foya, Portugal.	Pulaskit; Lövsåsbucht, Farris, Norw.	Hedrumit Mittel.	Pulaskit Mittel.
SiO ₂	57.52	60.50	58.00	60.03	58.28	60.42	64.54	59.30	60.25
TiO ₂	0.92	0.75	0.85	Nicht best.	0.64	Nicht best.	Spur	0.84	(0.75)
Al ₂ O ₃	18.46	16.86	16.91	20.76	17.89	19.23	18.13	17.70	18.58
Fe ₂ O ₃	2.23	1.67	3.29	4.01	3.20	0.63	2.63	5.15	5.58
FeO	2.44	2.54	3.74	0.75	1.73	3.19	0.97	Fe ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃
MnO	1.20	0.20	0.80	Spur	0.06	Spur	Spur	1.08	1.12
MgO	1.08	1.11	1.96	0.80	1.51	0.67	0.67	2.36	2.45
CaO	2.12	2.95	3.60	2.62	3.69	1.73	0.62	—	(0.41)
BaO (SrO)	—	—	—	—	0.41 ²	—	0.42	—	—
Na ₂ O	7.58	6.46	5.14	5.96	5.89	6.99	6.60	7.33	6.11
K ₂ O	4.08	5.42	5.20	5.48	5.34	6.88	5.99	5.06	5.78
H ₂ O (Glühv. ÷ CO ₂)	1.80	1.40	0.60	0.59	1.15	1.74	0.31	(1.37)	(0.88)
P ₂ O ₅	0.21	0.21	Nicht best.	0.07	0.26	Nicht best.	Spur	0.25	(0.16)
CO ₂	—	0.70	—	—	—	—	—	—	—
	99.64	100.69	100.77	100.09	101.07	100.05	101.48	100.88	100.88

¹ Fr. Williams; Igneous rocks of Arkansas P. 70.² Hierzu noch 0.36 BaO und 0.05 SrO; siehe Hillebrand's Analyse.³ Analyse von Dietrich in v. Kraatz-Koschla & V. Hackman's Abhandl. 1. c. P. 225.

von Ringkollen, Rugkollen etc. auf Ringeriket etc. unter einer gemeinsamen Bezeichnung zusammen. Neuere Untersuchungen haben es mir aber überaus wahrscheinlich gemacht, dass die letzteren, die typischen Akerite, nur mächtige *Grenzfaciesbildungen der Nordmarkite sind*;¹ sie gehören deshalb einer hypabyssischen Gesteinsreihe an und können (da sie auch chemisch durch höheren CaO-Gehalt etc. charakterisirt sind) am besten für sich ausgeschieden werden. Ich behalte deshalb für diese Gesteine, welche bei einer späteren Gelegenheit ausführlich beschrieben werden sollen, den Namen *Akerite* und werde für die Gesteine des Foss-Typus den von *Francis Williams* in seinem bekannten Werk über die Arkansas-Gesteine eingeführten Namen *Pulaskit* benutzen. Die Pulaskite sind nephelinarme bis nephelinfreie, auch quarzfreie (oder sehr quarzarme) Gesteine, arm an dunklen Mineralien und mit eugranitischer Structur, bei welcher eine Ausbildung des Feldspaths mit rektangulären (oft lang-rektangulären) Schnitten vorherrschend ist. Die Pulaskite gehen mit zunehmendem SiO_2 -Gehalt, wie schon von *Rosenbusch* hervorgehoben, in die Nordmarkite über, welche aber durchschnittlich saurere und immer mehr oder weniger reichlich quarzführende Typen sind. Das Gestein von Foss liegt übrigens — wegen seines hohen Gehaltes an dunklen Mineralien — auf der *unteren*, das Gestein von der Lövåsbucht am Farris-See umgekehrt durch seinen hohen SiO_2 -Gehalt auf der *oberen* Grenze des Pulaskittypus (gegen die Nordmarkite hin).² Eine scharfe Grenze ist hier petrographisch und überhaupt nicht zu ziehen.

Die Pulaskite haben im Kristianiagebiet eine gewisse Verbreitung in Hedrum und am Farris-See, dann gehört das oben erwähnte Syenitgebiet von Tuft und Hemb (Foss) im Lougenthal hierher, ferner haben sie eine grosse Verbreitung im nordwestlichen Theil von Nordmarken, NW. von Kristiania, hier in schönen Typen mit Katophorit, Arfvedsonit (Riebekit) und Aegirin als herrschende Mineralien, frei sowohl von Nephelin als Quarz, und in die Nordmarkite übergehend.

Die *Hedrumite* sind somit chemisch, wie mineralogisch, hypabyssische trachytoid stuirte Aequivalente der *Pulaskite*³ und verhalten sich

¹ Die Akerite bieten ein besonderes Interesse dar dadurch, dass sie einerseits als basischere Grenzfaciesbildungen der saureren Nordmarkite, auf der anderen Seite als relativ saure Grenzfaciesbildungen der basischen Essexite (Gabbrodiabase) des Kristianiagebietes auftreten. Ich werde diese Verhältnisse an anderer Stelle beschreiben.

² Die Analyse desselben stimmt fast genau mit derjenigen des Nordmarkits von Tonsenäs nach *Fammasch* (siehe Zeitsch. f. Kryst. B. 16, 1 P. 54) überein; trotzdem ist dies Gestein quarzführend, dasjenige vom Farris-See ganz quarzfrei.

³ *Rosenbusch* welcher, wie oben erwähnt, den Hedrumit von Ostö als einen Aplit rechnet, charakterisirte denselben auch als einen Pulaskit-Aplit.

zu diesen wie die typischen Foyaite zu den abyssischen Nephelinsyeniten. Geologisch scheinen sie jedoch im Lougenthalgebiet zum Theil auch mit den Laurdaliten verbunden.

Es ist eine bemerkenswerthe Thatsache, dass die den Nordmarkiten entsprechenden mittel- bis grobkörnigen hypabyssischen Gesteine (Ganggesteine) des Kristianiagebietes — abgesehen von den fast keine dunklen Mineralien führenden Bostoniten — sehr selten trachytoid und ohne porphyrartige Structur ausgebildet sind, sondern fast immer entweder eugranitähnliche oder porphyrische Structur zeigen (Syenitporphyre verschiedener Typen); doch finden sich auch hier Ausnahmen, die ich bei späterer Gelegenheit beschreiben werde.

Bostonite.

Unter den Ganggesteinen der Gefolgschaft der Laurdalite finden sich auch Gesteine von bostonitischem Habitus und von der Zusammensetzung der *Bostonite*.

Die hierher gehörigen Ganggesteine sind sämmtlich durch *helle* Farben (weiss, gelblich weiss, röthlich weiss, grünlich weiss, röthlich, grünlich etc.), feinkörnige trachytoide Structur und Armuth an dunklen Mineralbestandtheilen charakterisirt; die Bruchflächen des Gesteins sind, wie gewöhnlich bei Bostoniten rauh anzufühlen. Sie sind an allen beobachteten Vorkommnissen mehr oder weniger zersetzt, wobei namentlich Carbonate, Chlorit, Eisenoxydhydrate (auch manganhaltig) und Magnetitstaub als die wichtigsten Zersetzungsproducte auftreten. Die Carbonate sind dabei gewiss häufig Fe- (und Mg-) Carbonate, nicht Ca-Carbonat.

An den meisten dieser Bostonitgänge ist das Gestein so stark zersetzt, dass ihre ursprüngliche chemische und mineralogische Zusammensetzung nicht mehr sicher erkannt werden kann; das ist der Fall mit mehreren Gängen an der Bahnlinie zwischen Laurvik und Åklungen, ebenso mit Gängen am Gogsjö (östlich vom Lougenthal), bei Fjære und an mehreren Stellen. Dabei sind gewöhnlich besonders die dunklen Mineralien vollständig zersetzt, während die Feldspäthe oft noch ganz frisch aussehen. Der Feldspath ist immer vorherrschend *Albit*, in Tafeln, nach (010) zwillingsartig verwachsen; untergeordnet daneben Kalifeldspath, wohl auch vorherrschend in Tafelform und als Mikroklin (Moiré-Mikroklin) ausgebildet. Die Structur ist, wie gesagt, trachytoid, theils paralleltafelig, oft auch mehr divergentstrahlig bis roh centrisch, fast nie porphyrtartig.

An einem Gang am nördlichen Ende des grossen Bahntunnels bis Vasvik am Farrissee ist das Gestein scheinbar porphyrtartig struirt, mit zahlreichen, höchstens ein Paar mm. grossen Einsprenglingen von

trübem, scheinbar ungestreiften Feldspath in einer spärlichen Grundmasse von winzigen Albittäfelchen, mit feinem Magnetitstaub und etwas grösseren Schuppen von grünem Chlorit (chloritisirtem Biotit).

Die Feldspatheinsprenglinge liegen dicht beisammen und sind in der Regel nicht idiomorph begrenzt, so dass sie den Eindruck von Bruchstücken eines eugranitischen Gesteins machen, was sie vielleicht auch sind.

Bei Tutvet in Hedrum, an der Ostseite des Lougenthales, setzen grosse Gänge von hellröthlichem trachytoidem (nicht porphyartigem) Bostonit in Foyait auf. Das Gestein dieser Gänge ist feintafelig, vorherrschend bestehend aus Albit in dünnen Tafeln, dann aus sehr feinelamellirtem Moiré-Mikroklin in etwas dickeren Körnern, theilweise nach den Albittafeln auskrystallisirt. Die dunklen Mineralien sind vollständig zersetzt, so dass nur kleine Haufen von dunkelbraunem Limonit (theilweise auch Spur von Magnetit) und Carbonate die eckigen Zwischenräume zwischen den Feldspathtafeln einnehmen. Vereinzelte Schwefelkieswürfel sind auch makroskopisch zu beobachten. Von ursprünglichen accessorischen Mineralien sind zu bemerken: erstens ganz winzige stark lichtbrechende und doppelbrechende, gelb bis bräunlichgelb gefärbte sphärolithische Kügelchen, die nicht ganz spärlich, oft mehrere beisammen durch die ganze Masse zerstreut sind; sie sind oft gleichsam milchig getrübt, deshalb nur durchscheinend. Ihre Form ist theils regelmässig kugelig, theils nierenförmig, äusserst feinstrahlig, so dass sie bei gekreuzten Nikols zierliche Kreuze geben.

Ein sehr ähnliches Mineral habe ich früher aus der Grenzzone des Akmitpegmatitganges von Rundemyr, Eker beschrieben (Zeitschr. f. Kryst. B. 16, II P. 316); ich hielt es damals möglicherweise für ein Mineral der Aegirinreihe. Das ist aber in vorliegendem Falle kaum möglich; nach der chemischen Analyse muss geschlossen werden, dass es ein sehr *titanreiches* Mineral, vielleicht reine Titansäure (Anatas?) sein muss. Die Analyse zeigt nämlich 0.96 TiO_2 , welche in keinem anderen Mineral unseres Gesteins stecken kann. Zwar wurden in einem Präparat zwei ganz winzige Kryställchen von Titanit zusammen mit den gelben Sphärolithen beobachtet; die Menge dieses Titanits im Gestein ist aber allzu verschwindend gering, um einen TiO_2 -Gehalt von 0.96% zu erklären.

Noch ein zweites Mineral, welches in ganz verschwindender Menge vorkommt, nur an ein Paar Stellen in einem Präparat, kann erwähnt werden; es ist ein farbloses, bis schwach gelbliches, auch stark lichtbrechendes Mineral mit rothen Interferenzfarben im Dünnschliff; die Form deutet auf unregelmässige Schuppen. Es erinnert an Nordenskiöldin,

kann aber bei dem äusserst spärlichen Vorkommen nicht bestimmt werden.

Die chemische Analyse dieses Gesteins, welches als in Foyait aufsetzend wohl unzweifelhaft zur Ganggefolgschaft des Laurdalits gerechnet werden kann, ist folgende:

Bostonit, Tutvet, Hedrum.

SiO ₂	60.11
TiO ₂	0.96
Al ₂ O ₃	19.01
Fe ₂ O ₃	4.63
FeO	0.37
MnO	Spur
MgO	0.23
CaO	0.66
Na ₂ O	6.53
K ₂ O	5.36
Glühverlust ÷ CO ₂ . .	1.37
CO ₂	0.84
	<hr/>
	100.07

Diese Analyse kann nach dem mikroskopischen Befund auf folgende Weise berechnet werden:

SiO ₂	37.91	}	59.70 % Albit (Ab ₁₃ An ₁).
Al ₂ O ₃	10.74		
Na ₂ O	6.53		
55.18	Na ₂ Al ₂ Si ₆ O ₁₆		
SiO ₂	1.96	}	
Al ₂ O ₃	1.65		
CaO	0.91		
4.52	Ca Al ₂ Si ₂ O ₈		
SiO ₂	20.52	}	
Al ₂ O ₃	5.81		
K ₂ O	5.36		
31.69	K ₂ Al ₇ Si ₆ O ₁₆		

Fe₂O₃ 4.21

H₂O 0.72

4.93 2 Fe₂ O₃ . 3 H₂O (Limonit).

MgO 0.36

FeO 0.74

CO₂ 0.84

1.94 (Mg, Fe) CO₃.

TiO₂ 0.96 (Anatas?).

Diese Berechnung der Analyse gibt 0.88 % zu viel Al₂O₃, was vielleicht auf einen geringen Kaolingehalt zu beziehen ist, während von MgO 0.13, von CaO 0.25, von SiO₂ 0.28 % zu wenig gefunden wurde. Auch ist 0.42 Fe₂O₃ mit 0.37 FeO bei der Berechnung vertauscht.

Nach dieser Berechnung sollte also das Gestein bestehen aus:

ca. 92 % Feldspäthen (ca. 60 % Albit, ca. 32 % Mikroklin).

« 5 « Limonit.

« 2 « Carbonaten.

« 1 « eines TiO₂-reichen Minerals (Anatas?).

Welche Fe-Mineralie ursprünglich vorhanden gewesen sind, lässt sich nicht mehr entscheiden (Aegirin?).

Diese Bostonit-Zusammensetzung entspricht ziemlich genau derjenigen, welche von *J. F. Kemp* für typischen Bostonit von Lake Champlain Valley¹ angeführt ist:

	Bostonit; Hedrum.	Bostonit; Lake Champlain.	Bostonit; Gjefsen, Gran (Norw.)
SiO ₂	60.11	62.28	62.30
TiO ₂	0.96	—	Spur
Al ₂ O ₃	19.01	19.17	17.05
Fe ₂ O ₃ (& FeO) . .	5.00	3.39	3.76
MgO	0.23	Spur	0.57
CaO	0.66	1.44	1.20
Na ₂ O	6.53	5.37	5.14
K ₂ O	5.36	5.93	6.18
H ₂ O Glühv. & CO ₂	2.21	2.33	3.10
	<hr/> 100.07	<hr/> 99.91	<hr/> FeS ₂ 0.43
			99.73

¹ Transactions of the New York Acad. of Sc. Vol. 11, P. 16 (1891).

Auch Mineralienzusammensetzung (Feldspäthe, ein wenig FeS_2), Zersetzungsvorgänge (Limonit, Carbonate, Kaolin) und Structur ist dieselbe bei dem genannten amerikanischen Vorkommen.

Diese als Begleiter von Nephelinsyeniten auftretenden typischen Bostonite unterscheiden sich so wenig von gewissen früher von mir unter dem Namen *Lindöite* beschriebenen bostonitischen Gängen von Gran, dass diese hier mit den typischen Bostoniten vereinigt werden sollen; der Vergleich der oben abgedruckten, früher¹ publicirten Analyse des Gesteins von Gjefsen zeigt, wie man sieht, eine sehr nahe Übereinstimmung, und auch die Mineralienzusammensetzung (berechnet zu ca. $49\frac{1}{2}$ Ab, An_1 , ca. $36\frac{1}{2}$ Or, ca. $5\frac{1}{2}$ (Fe, Mg) CO_3 , ca. $1\frac{1}{2}$ Limonit, $\frac{1}{2}$ 0/0 FeS_2 und ca. $6\frac{2}{3}$ 0/0 Quarz) ist, abgesehen von dem nicht sehr hohen Quarzgehalt, beinahe dieselbe. Es ist von Interesse zu bemerken, dass diese quarzföhrnden Bostonite (wie der Gang von Gjefsen) als zur Gefolgschaft der saureren Nordmarkite gehörend aufgefasst werden müssen, während die quarzfreien Bostonite von Hedrum Nephelinsyenite begleiten.²

Dagegen muss für die quarzföhrnden, oft sehr quarzreichen bostonitischen Gesteine, welche jedenfalls z. Th. die sauren Nordmarkite N. von Kristiania begleiten und zahlreiche Gänge im Kristianiathal bilden, mein Name *Lindöit* aufrecht erhalten werden; es sind Gesteine gewöhnlich mit SiO_2 -Gehalt zwischen 64 und 70 0/0.³ Sie sind, wie die echten Bostonite, an MgO und CaO sehr arme Gesteine, arm an dunklen Mineralien (FeS_2 , Limonit, oft nachweislich als Zersetzung von Aegirin, oder von arfvedsonitischer oder kataphoritischer Hornblende) aber bedeutend saurer; die Structur ist oft trachytoid, oft doch eigenthümlich roh centrisc, divergentstrahlig bei kürzerer Ausbildung der Feldspath tafeln.

Eine *dritte* Gruppe von bostonitischen Gesteinen im Kristianiagebiet sind die früher von mir beschriebenen Bostonite, welche in ungeheurer Anzahl von Gängen die Gabbrodiabase (Essexite) von Gran begleiten.⁴ Wie die bisher vorliegenden Analysen dieser Gesteine zeigen, sind sie nämlich relativ reich an CaO und arm an K_2O ; übrigens sind sie gewöhnlich so stark carbonatisirt, dass die ursprüngliche Zusammensetzung

¹ Eruptivgest. d. Kristianiageb. I, P. 131.

² Schon *Rosenbusch* hat gelegentlich der Erwähnung (Mikr. Phys. II, 3. Ausg. P. 469) eines quarzfreien biotitföhrnden Bostonits vom Wege zwischen Kvelle Kirche und dem See Farrisvand (*Andreae* leg.) auf die Bedeutung des Umstandes hingewiesen, dass dies den Laurdalit begleitende Gestein sowie die brasilianischen Bostonite quarzfrei sind.

³ Cfr. Analyse des Lindöits vom Gang in Rhombénporphyr N. v. Törtberg, Aker; Eruptivgest. d. Kristianiageb. I, P. 139.

⁴ «The basic eruptive rocks of Gran»; Quart. journ. of the geol. soc. B. L., P. 15.

nicht sicher entschieden werden kann. Dieser CaO-Gehalt ist wahrscheinlich mit dem Abspalten dieser Gangmagmen aus dem kalkreichen Gabbrodiabasmagma (Essexitmagma) in Verbindung zu bringen. Da sie durch ihren höheren CaO-Gehalt einen distincten, von dem der typischen Bostonite verschiedenen chemischen Typus bilden, sollen sie hier unter einem besonderen Namen als *Kalkbostonite* oder *Mænaitite* (nach der typischen Lokalität am See Mæna auf Gran) unterschieden werden.

Diesen Mænaiten schliesst sich eine Anzahl gewaltiger Intrusivmassen von wahrscheinlich nahezu demselben Alter und gewiss ebenfalls von gleicher Abstammung (Spaltungsmagmen der ältesten Gabbrodiabasmagmen) aus dem Kristianiathal an. Es sind die sogenannten «Oligoklasporphyre» *Kjerulfs*, welche liegende Intrusivmassen namentlich im untersten Theil der Alaunschiefer (Etagen 1—2) bilden, so z. B. auf der Halbinsel der Festung Akershus (im Profil längs der Westseite derselben bis an Piperviksbakken entblösst),¹ ferner am Nordabhang des Ekebergs, und an mehreren Stellen in der Stadt Kristiania (Steinbruch südlich von Töien) ebenso an vielen anderen Stellen im Kristianiagebiet (so z. B. in einer mächtigen Intrusivmasse bei Feiring Kirche, ferner bei Byrud etc. am Mjösen). Diese Gesteine sind oft von complementären basischen Intrusivmassen begleitet, an anderen Stellen sind diese letzteren nicht in unmittelbarer Nähe vorhanden, sondern treten in besonderen Profilen getrennt auf. Ähnliche Gesteine finden sich auch zusammen mit typischen Mænaiten auf Gran, so z. B. die mächtige Intrusivmasse, welche mit Unterbrechungen unmittelbar auf der Grundgebirgsfläche ruhend, auf der ganzen Strecke zwischen dem See Jahren und dem nördlichsten Theil von Henungbygdén entblösst ist, hier in der Regel begleitet von liegenden camptonitischen Intrusivmassen).

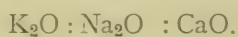
Diese «Oligoklasporphyre» *Kjerulfs* sind in der Regel porphyrtartig struirt, mit kleinen weissen Einsprenglingen von saurem Plagioklas, oft reich an Schwefelkies in kleinen Würfeln, und mit kleinen Flecken von Chlorit (umgewandelter Biotit) aber sonst ohne dunkle Mineralien; sie sind quarzfrei oder quarzförend, gewöhnlich jedoch ziemlich arm an Quarz. Die Grundmasse ist feinkörnig, bis makroskopisch dicht, oft hornsteinsähnlich aussehend, unter dem Mikroskop gewöhnlich nicht sehr feinkörnig, oft fast nur aus Feldspath bestehend. Die Farbe ist gelblich weiss bis röthlich weiss, grau und graublau, wenn frisch; die Bruchfläche ist gewöhnlich rau anzufühlen, und das Gestein fast immer stark zerspaltet. Ich bezeichne diese mænaitischen «Bostonitporphyre» vor-

¹ Die sil. Etagen 2 & 3, P. 239 (Kristiania 1882).

läufig nach der typischen Lokalität Oslo (in Kristiania) als «Osloporphyre»; sie sind bis jetzt noch nicht genügend chemisch untersucht, dürften aber wohl in der Regel (nicht immer) wie die typischen Mänaite, reicher an CaO als die typischen Bostonite sein. Folgende Analysen zeigen die Zusammensetzung der Mänaite¹ und der Osloporphyre:²

	Mænait; Mæna, Gran.	Osloporphyr; Akershus.
SiO ₂	56.50	58.50
TiO ₂	0.85	—
Al ₂ O ₃	18.14	18.14
Fe ₂ O ₃	3.12	} 7.07
FeO	2.86	
MgO	1.22	1.51
CaO	3.38	2.89
Na ₂ O	5.28	5.53
K ₂ O	1.60	2.36
Glühv. (\div CO ₂) . . .	1.26	} 3.45
CO ₂	5.11	
	99.32	99.45

Der Unterschied des chemischen Typus dieser bostonitischen Gesteine von den echten Bostoniten des Lougenthales ist sehr deutlich, obwohl wegen der starken Zersetzung dieser Gesteine bei der Carbonatbildung etc. schwierig sicher zu fixiren. Sehen wir von der möglichen Zufuhr von CaO etc. bei den Zersetzungs Vorgängen ab, so verhalten sich in:



Bostonit, Hedrum 0.0570 : 0.1053 : 0.0118 = 0.54 : 1 : 0.11.

— , Lake Champlain . . . 0.0631 : 0.0866 : 0.0257 = 0.73 : 1 : 0.29.

— , Gjeffen (Gran) 0.0657 : 0.0828 : 0.0214 = 0.79 : 1 : 0.26.

Mænait, Mæna (Gran) 0.0170 : 0.0851 : 0.0604 = 0.20 : 1 : 0.71.

Mænaitporphyr, Akershus . . . 0.0251 : 0.0892 : 0.0514 = 0.28 : 1 : 0.58.

Der Unterschied ist, wie man sieht, so bedeutend, dass es trotz des gemeinsamen leukokraten³ Charakters aller dieser Gesteine und trotz der grossen äusseren Ähnlichkeit nicht richtig sein würde, die kaliarmen.

¹ Analyse von *Schmelck*, früher publicirt in «The basic erupt. rocks of Gran», Quart. Journ. geol. soc. l. c. 1894.

² Analyse von *Kjerulf*, «Christiania Silurbecken», P. 9 (1855).

³ Siehe weiter unten.

kalkreichen Mænaite mit den kalireichen, kalkarmen echten Bostoniten zusammenzufassen, obwohl sie wahrscheinlich durch alle Übergänge verbunden sind. So viel bis jetzt bekannt, sind die echten Bostonite Begleiter von foyaitischen Gesteinen (Nephelinsyeniten, Nordmarkiten etc.), die Mænaite dagegen von Gabbrodiabasen (Essexiten).

Ausser den jetzt erwähnten leukokraten Ganggesteinen des Kristianiagebietes: den *Bostoniten* (und Bostonitporphyren), den *Lindöiten*, den *Mænaiten* (und Mænaitporphyren, Osloporphyren) findet sich auch noch eine Reihe anderer leukokraten Gesteine mit trachytoider Structur (mit bostonitischem Habitus), namentlich Gesteine, welche in die Keratophyrereihe hinüberführen. Diese und echte Keratophyre, sowie auch eigenthümliche gangförmige Quarzporphyre des Kristianiagebietes sollen bei einer anderen Gelegenheit erwähnt werden, da sie ebensowenig wie die aplitischen Gesteine den Bostoniten in weiterem Sinne angehören.

Charakteristisch für die bostonitischen Gesteine, sowie ich dieselben abgrenze, ist ausser ihrer leukokraten Mischung eine *trachytoide* Structur, zum Unterschied von den aplitischen Gesteinen mit ihrer autallotriomorphen Structur (siehe unter Lestivarite). Dagegen ist die chemische Zusammensetzung der aplitischen und der bostonitischen Gesteine kaum verschieden; diese beiden Reihen sind structurell verschieden, das heisst die Verhältnisse während der Erstarrung derselben waren wesentlich verschieden. Bald erstarrten sie unter Bewegung des Gangmagmas (trachytoide Structur der bostonitischen Gesteine?), bald unter relativer Ruhe (autallotriomorphe Structur der aplitischen Gesteine?).

Die Bostonite spielen in der Ganggefolgschaft des Laurdalits keine grössere Rolle; es sind relativ seltene Gesteine, von denen nur eine verhältnissmässig geringe Anzahl von Gängen beobachtet ist. Sie stehen auch den Sölvsbergiten, chemisch wie structurell, sehr nahe und führen durch geringe Anreicherung mit Fe-Oxyden in diese über. Einige Bostonitvorkommen sind vielleicht nur zersetzte Sölvsbergite.

Syenitaplite; Lestiwarite.

Im Jahre 1894 beschrieb ich¹ unter dem Namen *Syenitaplit* ein schneeweisses Ganggestein vom Lysebøfjord, wenigstens zu 96 Procent bestehend aus allotriomorphen Körnern von Kryptoperthit mit Randzone von Mikroperthit, ferner ganz untergeordnet aus kleinen öfters durch Resorbtion gerundeten Körnchen eines hell bläulichgrünen Diopsids (ca. 3 %), kleinen Kryställchen von Titanit (ca. 1/2 %) und Nadelchen von Apatit (ca. 1/4 %). Die Structur ist zuckerkörnig aplitisch, vollkommen allotriomorph; das Gestein wurde als Begleiter von Nephelinsyenit und als Differentiationsprodukt eines Nephelinsyenitmagmas erwähnt.

Im selben Jahre beschrieb *W. Ramsay*, ohne meine Beschreibung des Syenitaplites vom Lysebøfjord zu kennen, nahe übereinstimmende «aplitische Gangbildungen» als Begleiter des Nephelinsyenites von Umptek; diese Gesteine bestehen nach *Ramsay* aus *Albit*, *Gitter-Mikroclin*, daneben in ganz geringer Menge aus *Aegirin* und *Arfvedsonit* sammt *Titanit*, und bisweilen Endialyt und Flussspath; Oligoklas, Quarz und Glimmer, welche Mineralien auch bisweilen auftreten, werden als fremde, aus dem durchsetzten Granit stammende Einschlüsse aufgefasst. Die Structur wird von *Ramsay* als feinzuckerkörnig «panidiomorph oder richtiger panallotriomorph» beschrieben.

Diese, Nephelinsyenite begleitenden, aplitischen Ganggesteine vom südlichen Norwegen und aus Umptek, Kola, sind somit in Structur und Zusammensetzung genau übereinstimmende Gesteine. *Rosenbusch* hat später den von mir gebrauchten Namen für diese Gesteine: «*Syenitaplit*» mit dem Namen «*Lestiwarit*» nach der finnischen Lokalität Lestiware ersetzt. Da der von mir zuerst gebrauchte Name, Syenitaplit, ein Sammel-

¹ Eruptivgest. d. Kristianiageb. I, P. 150—152.

name ist, welcher auch andere Typen umfasst, nehme ich hier den Namen Lestiwarit auf.

Derartige Lestiwarite finden sich nun nicht ganz selten als Begleiter des Laurdalitmassives an beiden Seiten desselben. Ehe ich die einzelnen Vorkommen beschreibe, ist es zuerst nothwendig ihren Charakter schärfer zu definiren und dann namentlich auch den Aplitbegriff selbst genauer abzugrenzen.

In der älteren Litteratur wird der Name Aplit fast immer für sehr feinkörnige, vorherrschend gangförmige, *Muscovitgranite* gebraucht; es wurde dabei in der Regel ausser der feinkörnigen, zuckerkörnigen Structur auch die Armuth an Glimmer (und dunklen Mineralien überhaupt) speciell hervorgehoben,² ebenso oft die drusige Beschaffenheit und ein genetischer Zusammenhang mit Pegmatiten. Ihr Vorkommen wurde auch ausser in Gängen als Randfacies erkannt (*Barrois* aus Morbihan etc.).

Bis vor kurzem kannte man nur derartige *granitische* Apliten, und der Name wurde von vielen Autoren geradezu als Synonym für feinkörnige *Muscovitgranite* gebraucht.³

Erst zu Anfang der 90-er Jahre wurden andere als granitische Aplit-Gesteine beschrieben, so namentlich 1889 ein syenitischer Aplit als Begleiter des Meissener Syenits von *Sauer*, dann 1892 «Syenitaplite», «Dioritaplite», ja sogar «Gabbroaplite» von *Chelius*⁴ und ungefähr gleichzeitig «Dioritaplite» (Malchite) von *Osann*.⁵ Beide heben ausdrücklich als wesentlich für den aplitischen Charakter die angenähert «panidiomorph körnige» Structur hervor.

Auch ziemlich basische, melanokrate (siehe unten) Gesteine sind als aplitische Gesteine beschrieben, so die *Beerbachite* des Odenwaldes und Harzes, welche *Andreæ*⁶ geradezu als «*Diallag-Apliten*» (Gabbroaplite) wegen ihrer «ausgesprochenen aplitischen Structur» bezeichnet, obwohl diese Gesteine mehr Diallag als Labrador enthalten.

Rosenbusch machte wohl zuerst (1890)⁷ auf den genetischen Zusammenhang der Apliten mit Minetten aufmerksam; noch im Jahre 1891

¹ Siehe z. B. *Rosenbusch*, Mikr. Phys. II, 1. Ausg. (1877), P. 19, 2. Ausg. (1887) P. 279—281; *O. Lang*, Grundriss d. Gesteinskunde 1877, P. 155 u. 157; etc. etc.

² Siehe z. B. *Benecke & Cohen*, Umgegend von Heidelberg (1879), P. 111, *J. Roth* Allg. & chem. Geol. B. II, P. 90; siehe auch *Zirkel*, Lehrb. d. Petrogr. 2. Ausg. B. II (1894) P. 46.

³ Cfr. z. B. *L. Loewinson-Lessing*, Petr. Lexikon (1893), P. 16,

⁴ Notizblatt d. Ver. f. Erdk. etc. Darmstadt 1892, (IV), H. 13, P. 2, 3 ff.

⁵ Mitth. d. grossh. bad. geol. Landesanst. B. II, P. 380 (1892).

⁶ «Mitth. aus dem Roemer-Museum, Hildesheim», No. 5, März 1896.

⁷ «Chem. Bezieh. d. Eruptivgest.» Min. & petrogr. Mitth. B. XI (1890), P. 166; später Structur u. Class. d. Eruptivgest. Min. & petr. Mitth. B. XII, (1891) P. 387.

kannte er aber Aplite nur als Spaltungsprodukte von «gewissen granitodioritischen Magmen» und machte speciell darauf aufmerksam, dass: «wir keine Minetten und Aplite in Alkaligraniten oder Eläolithsyeniten finden».

Nachdem nun durch die oben erwähnten Beobachtungen über Syenitaplite von *Sauer*, *Chelius*, über *Dioritaplite* von *Osann*, *Chelius*, über nephelinsyenitische Syenitaplite von mir, *Ramsay* und anderen, auch Ganggesteine mit den Eigenschaften der Aplite als Begleiter von Syeniten, Dioriten, Nephelinsyeniten etc. bekannt worden waren, hat *Rosenbusch* dann in der letzten Ausgabe seiner Petrographie den Aplitbegriff erweitert und braucht denselben gleichzeitig in einer doppelten Bedeutung, theils in mehr umfassender Weise ungefähr für das, was er 1887 «granitische Ganggesteine» nannte, theils in mehr beschränkter Bedeutung.

In weiterem Sinne sollten seine «aplitischen Ganggesteine» alle diaschisten Mischungen umfassen, welche relativ reich sind «an den feldspathbildenden Kernen», also nach seiner Eintheilung Gesteine von: 1) aplitischem Habitus im engeren Sinne, 2) solche von bostonitischem Habitus, 3) solche von tinguaitischem Habitus und 4) solche von malchitischem Habitus. Es wird dabei ausdrücklich hervorgehoben, dass diese Gliederung der aplitischen Gesteine im weiteren Sinne nach ihrem «äusseren Habitus» durchgeführt ist, «nicht nach ihrer Structur, denn diese zeigt allenthalben die gleichen wesentlichen Züge». ¹

Bei einer derartigen Definition der aplitischen Gesteine im weiteren Sinne, welche nicht auf structurelle Unterschiede bei der Trennung der einzelnen Untergruppen Rücksicht nehmen sollte, würde aber, wie leicht nachweisbar, kein nennenswerther Unterschied zwischen gewissen Apliten im engeren Sinne² und Bostoniten stattfinden. Dies muss *Rosenbusch* auch gefühlt haben, denn bei der Definition der Aplite im engeren Sinne und der Bostonite basirt er eben die Trennung auf structurelle Unterschiede, indem die ersteren als feinkörnige bis dichte *zuckerkörnige* Gesteine definirt werden, während für die Bostonite eben *die Tafelform der Feldspäthe* hervorgehoben wird; in so fern wird in den speciellen Definitionen die in der allgemeinen Definition angeführte Bemerkung über die «durchweg gleichen wesentlichen Züge der Structur» bei allen aplitischen Gesteinen im weiteren Sinne ganz unberücksichtigt gelassen.

¹ Der Name «aplitische Gesteine» in diesem weiteren Sinne ist später von *L. V. Pirsson* ungefähr in derselben Bedeutung durch die Bezeichnung «oxyphyrische Gesteine» ersetzt; siehe darüber weiter unten.

² In noch engerem, also in engstem Sinne sind «eigentliche Aplite» bei *Rosenbusch* wie früher die granitischen Aplite.

Bei der speciellen Bearbeitung der Aplite im engeren Sinne wird aber wieder die Definition derselben als zuckerkörnig struirt Gesteine nicht berücksichtigt, indem hier auch das oben als ein Glimmerhedrumit beschriebene Ganggestein von Ostö bei Kristiania, dessen Feldspath vollkommen tafelförmig ausgebildet ist, zu den Apliten gerechnet wird. Was hier den speciellen Aplitcharakter bedingen sollte, ist mir dann nicht verständlich; die Structur ist vollkommen trachytoid, mit subparallel angeordneten dünnen Tafeln, welche denselben Seidenschimmer bedingen, wie sonst bei Hedrumiten, Bostoniten etc., das Gestein ist deshalb auch wie die Hedrumite und Bostonite am Querbruch «trachytisch rauh». Auch der Gehalt an dunklen Mineralien kann nicht entscheidend sein, denn dieser fällt bei den echten Apliten und den Bostoniten (wenn sie frisch sind) innerhalb derselben Grenzen. Der Habitus ist an diesem Gestein entschieden mehr bostonitisch als aplitisch, — obwohl ich, wie oben gezeigt wurde, das Vorkommen weder zu den Apliten noch zu den Bostoniten, sondern zu der Gruppe der Hedrumite rechnen möchte. Kurz zusammengefasst, wenn dies Gestein als ein Aplit aufgefasst werden soll, dann ist es mir überhaupt schwer verständlich, wie man Aplite und Bostonite unterscheiden könne.

Nach meiner Ansicht muss die Definition der Aplite im *engeren* Sinne (Gesteine der Aplit-Serie) nothwendig auf *structurelle* Eigenthümlichkeiten basirt werden. Hier sollen deshalb aplitische Gesteine als feinkörnige *diaschiste* (Gang- und Grenzfacies-) Gesteine mit ganz zurücktretendem Gehalt an dunklen Gesteinsgemengtheilen und mit eigenthümlicher zuckerkörniger, *aplitischer* Structur definirt werden; während ich als *bostonitische* Gesteine chemisch und mineralogisch entsprechend zusammengesetzte Gesteine, aber mit trachytoider Structur zusammenfasse.

Die hier näher zu beschreibende specielle Gruppe von Apliten, die *Lestiwarite*, sind also quarzfreie oder sehr quarzarme Aplite, welche als Spaltungsprodukte von Alkalisyeniten und Nephelinsyeniten auftreten.

Von *Lestiwariten* findet sich eine bedeutende Anzahl von Gängen, sowohl im Lougenthal als am Farris-See längs den Grenzen des Laurdalit-Massives, theils in diesem Gestein selbst, theils in angrenzenden Gesteinen. Die meisten Gänge sind ganz klein, nur einige Centimeter mächtig, selten bis 1 Meter (Gang N. von Kvelle, an der Landstrasse, in Nephelinsyenit) und mehr (Gang südlich von Heum zwischen Gjona und Lyseböfjord).

Die Farbe dieser feinkörnigen zuckerkörnigen Gesteine ist hell, schneeweiss (Lyseböfjord) bis gelblichweiss (N. von Kvelle) oder röthlichweiss, oft deutlich dunkel punktirt durch die spärlichen Körnchen der

Fe-Mg-Silikate. Die durchschnittliche Korngrösse ist gewöhnlich $\frac{1}{2}$ bis 1 mm., selten grösser.

Als Beispiele der Zusammensetzung und Structur derselben sollen ein Paar Vorkommen näher erwähnt werden.

**Lestiwarit von einem ca. 1 m. mächtigen Gang an der Landstrasse
N. von Kvelle Kirche.**

Das gelblich weisse Gestein besteht aus vorherrschendem Kryptoperthit, daneben spärlich Aegirin und als akcessorische Bestandtheile Titanit und Apatit. Von Quarz oder Nephelin keine Spur, ebenso wenig wie von Eisenerz oder anderen Fe-Silikaten als Aegirin.

Der *Kryptoperthit* bildet isomere eckige Körner von durchschnittlich $\frac{1}{3}$ bis 1 mm. Grösse; er ist wie das Gestein überhaupt sehr frisch, unzersetzt. Dass wirklich Kryptoperthit vorliegt, ergibt sich aus dem Umstand, dass einige Körner von einer ganz schmalen Randzone von Mikroperthit begrenzt sind, in welche die einzelnen Lamellen nach dem Kern hin ganz unmerklich übergehen, in derselben Weise wie im Lestiwarit von «Lysebøfjord». ¹

Der *Aegirin* bildet theils unregelmässig zackige, ziemlich isomere, oder auch prismatisch ausgezogene, etwas grössere Körner (bis 1 $\frac{1}{2}$ mm. lang, bei nur $\frac{1}{3}$ mm. Breite), welche deutlich gleichzeitig mit dem Feldspath gebildet sind, theils auch ganz kleine, kurze, gleichsam resorbirt gerundete Prismen, welche oft in den Feldspathkörnern eingeschlossen und offenbar älter als diese sind. Die Absorbtionsfarben sind die gewöhnlichen: α tief grasgrün, β wenig heller grasgrün, γ gelblich; der Auslöschungswinkel aber ungewöhnlich gross, so in mehreren langprismatischen Schnitten, auch in Zwillingen, welche nicht selten sind, bis 23°. Da in dem Gestein absolut kein anderes eisenhaltiges Mineral vorhanden ist, lässt sich aus den in der Bauschanalyse des Gesteins gefundenen Zahlen für Fe₂O₃, FeO, MnO, MgO (und CaO) die Zusammensetzung annäherungsweise berechnen; diese Berechnung führt auf eine ziemlich ordinäre Aegirinzusammensetzung, nur dass der Mg- und Mn-Gehalt etwas grösser als gewöhnlich wäre, was aber in Betracht der ganz geringen Mengen dieser Bestandtheile in der Bauschanalyse nicht als absolut sicher angesehen werden kann. Es dürfte wohl aber wahrscheinlich sein, dass der ungewöhnlich grosse Auslöschungswinkel in der

¹ Eruptivgest. d. Kristianiageb. I P. 151. Die genaue Lokalität ist nicht Lysebøfjord, sondern die N.-Seite des Sundes N. von Flatø, zwischen Grøtufjord und Lysebøfjord (siehe unten).

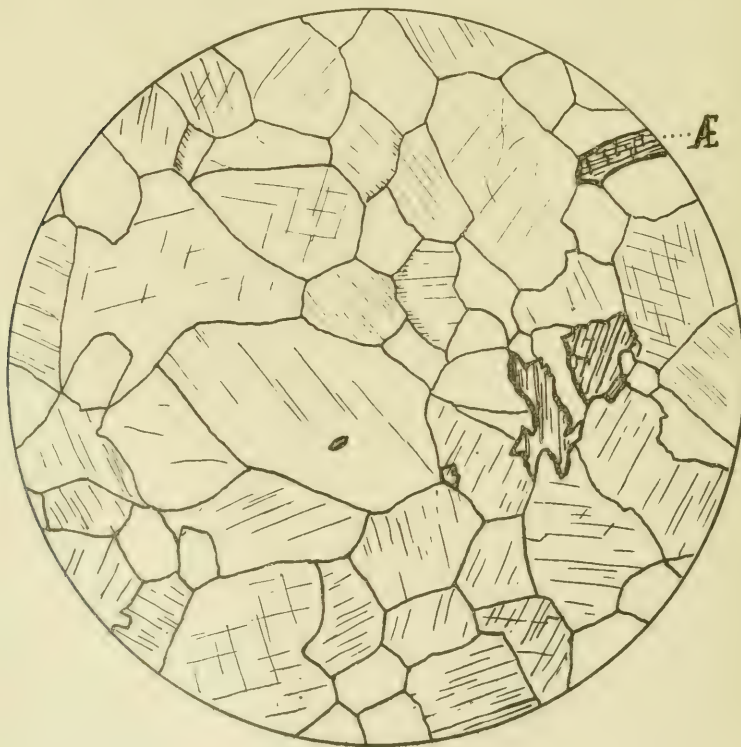
That auf einen relativ hohen Gehalt des Diopsidsilikates $\text{Ca Mg Si}_2 \text{O}_6$ zu beziehen ist.

Der *Titanit* kommt in ganz kleinen (0.03 bis 0.1 mm. grossen) aber ziemlich zahlreichen Körnchen vor, die ebenfalls im Feldspath eingeschlossen sind und häufig eine gerundete, resorbierte Form zeigen; mehr regelmässige spitzrhombische Durchschnitte sind selten. Er ist fast farblos.

Der *Apatit* kommt in ganz spärlichen Körnchen vor, welche nicht die gewöhnliche Nadelform, sondern isomere, eckige, ganz unregelmässige Begrenzung zeigen; sie sind im Aegirin und im Feldspath eingeschlossen, bisweilen auch zwischen den Feldspathkörnchen eingeschaltet; die Korngrösse erreicht selten $\frac{1}{5}$ mm.

Die *Structur* ist eine ausgesprochene typische zuckerkörnige Aplit-structur; eine Figur giebt besser als jede Beschreibung eine Vorstellung von den charakteristischen Eigenthümlichkeiten derselben.

Fig. 2.



Lestiwarit N. von Kvelle Kirche.

Obige Figur ist eine ganz genaue Kopie einer bestimmten Stelle eines Präparates, in 33-facher Vergrösserung gezeichnet. Das mit Æ be-

zeichnete Korn (und zwei grössere ähnlich gezeichnete Körner) ist Aegirin; das kleine spitzrhomboische Korn in dem grössten Feldspath-individuum ist Titanit; das kleine runde Korn rechts unten am selben Feldspathindividuum ist Apatit.

Rosenbusch hat diese Structur eine *panidiomorphe* genannt, während ich dieselbe früher schlechthin als *allotriomorph*, *Ramsay* als *panallotriomorph* bezeichnet hat. Die Charakteristik dieser Structur, in welcher kein einziges Korn eine idiomorphe Begrenzung im gewöhnlichen Sinne dieses Wortes zeigt, als *panidiomorph* scheint mir irreführend. Jedes Korn hat ja die Form erhalten, welche sein eigenes und seiner Nachbarkörner *gleichzeitiges* Wachsthum erlaubte; das letztere, das Wachsthum der Nachbarkörner hat eben verursacht, dass keine idiomorphe Form zur Ausbildung gelangen konnte, es musste für alle Körner eine hauptsächlich durch das Wachsthum anderer Körner bestimmte *allotriomorphe* Form resultiren. Das charakteristische für die Form der Körner bei dieser Structur ist nicht, dass dieselbe idiomorph ist, sondern dass dieselbe *primär* allotriomorph, das heisst bei der ursprünglichen Bildung allotriomorph ist, zum Unterschied von sekundär hervorgebrachten allotriomorphen Begrenzungen der Körner z. B. eines klastischen, oder eines kataklastisch struirten Gesteins. Ich möchte diese primär allotriomorphe Structur der aplitischen Gesteine als eine *«autallotriomorphe»* Structur bezeichnen (aus *αὐτός* in der Bedeutung «von selbst», sponte).

Ich finde dies um so zweckmässiger, als *Rosenbusch* und andere auch die Structur der Minetten, Kersantite etc. als *panidiomorph* charakterisirt haben; bei typisch struirten Minetten ist aber, wenn nicht bei allen Körnern, was natürlich unmöglich ist, so doch oft bei den meisten, z. B. bei den Glimmertafeln, und auch bei den kurzen Feldspathleisten eine *Annäherung* an eine ausgesprochen idiomorphe Form vorhanden. Diese typische Minette-Kersantitstructur könnte demnach viel eher als eine *panidiomorphe* Structur charakterisirt werden; sie ist aber von der typischen Aplitstructur ziemlich stark verschieden.

Charakteristisch für die *autallotriomorphe* Aplitstructur ist in höchstem Grade, dass sie gar nicht porphyrtig ist, während bei Minetten, Kersantiten, Camptoniten und anderen «*panidiomorphen*» Gesteinen mit tafel- und leistenförmigen Feldspäthen eine porphyrtige Structur häufig vorhanden ist. Sehr verschieden ist die Aplitstructur namentlich von der trachytoiden Structur der typischen Bostonite, der Sölvbergite, der Foyaite (in meinem Sinne) etc.; da diese trachytoide Structur, mit den so regelmässig subparallelen Feldspathtafeln als charakteristisches Structurelement aller Wahrscheinlichkeit nach auf eine Krystallisation des Magmas

während der *Bewegung* desselben in den Gangspalten zu beziehen sein dürfte, könnte man vielleicht umgekehrt schliessen, dass die isomere, autallotriomorphe Aplitstructur eben im Gegentheil auf eine *Krystallisation in Ruhe, ohne starke Bewegung, an Ort und Stelle in der Gangspalte* zu beziehen sei. Es ist dies auch namentlich deshalb wahrscheinlich, weil im Kristianiagebiet unzweifelhaft ganz analog zusammengesetzte Spaltmagmen theils als autallotriomorphe Aplite, theils als trachytoide Bostonite erstarrt sind)¹.

Die chemische Zusammensetzung des Lestiwarits vom Gang N. von Kvelle Kirche ergibt sich aus folgender Analyse (von Herrn V. Schmelck):

	<i>Lestiwarit; Kvelle.</i>
SiO ₂	66.50
TiO ₂	0.70
Al ₂ O ₃	16.25
Fe ₂ O ₃	2.04
FeO	0.19
MnO	0.20
MgO	0.18
CaO	0.85
Na ₂ O	7.52
K ₂ O	5.53
Glühverlust	0.50
P ₂ O ₅	Spur
	<hr/> 100.46

Die Analyse kann auf folgende Weise berechnet werden:

SiO ₂	40.11	}	91.15 % Kryptoperthit.	
Al ₂ O ₃	11.41			
Na ₂ O	6.91			
	<hr/> 58.43			
	Na ₂ Al ₂ Si ₆ O ₁₆	}		
SiO ₂	21.17			
Al ₂ O ₃	6.02			
K ₂ O	5.53			
	<hr/> 32.72			
	K ₂ Al ₂ Si ₆ O ₁₆			

¹ Vom Odenwald erwähnt *Chelius*, dass «die Aplitgänge im Gneiss der Ostseite des Melibokus, sobald sie in den normalen Granit eintreten, ihre panidiomorph-körnige Structur verlieren und porphyrisch werden» (Notizblatt d. Ver. f. Erdkunde, Darmstadt, 1892, (IV) H. 13, P. 8.

SiO ₂	3.07	}	
Fe ₂ O ₃	2.04		
Na ₂ O	0.79		
	5.90 Na ₂ Fe ₂ Si ₄ O ₁₂		
SiO ₂	0.56	}	7.89 % Aegirin.
MgO	0.18		
CaO	0.25		
	0.99 Ca Mg Si ₂ O ₆		
SiO ₂	0.30	}	
FeO	0.19		
CaO	0.14		
	0.63 Ca Fe Si ₂ O ₆		
SiO ₂	0.17	}	
MnO	0.20		
	0.37 Mn Si O ₃		
SiO ₂	0.52	}	
TiO ₂	0.70		
CaO	0.49		
	1.71 Ca Ti SiO ₅ , Titanit.		

Ausserdem Spur (kaum $\frac{1}{5}$ %) von Apatit.

Rest 0.53 SiO₂.

Zu wenig gefunden: 1.18 Al₂O₃, 0.03 CaO und 0.18 Na₂O.

Das Gestein sollte somit bestehen aus:

ca. 91 % Kryptoperthit.

« $7\frac{1}{2}$ % Aegirin.

« $1\frac{1}{2}$ % Titanit.

Diese Zahlen können nicht absolut richtig sein, da die Analyse überhaupt nicht ganz genau sein kann, indem die Quotientenzahlen für Al₂O₃ und Fe₂O₃ zusammen kleiner sind als für Na₂O + K₂O; die Analyse giebt deshalb bei der Berechnung einen Rest von SiO₂ und zu wenig Al₂O₃. Der Unterschied ist aber nicht sehr gross, so dass die berechnete Zusammensetzung der Wahrheit ziemlich nahe kommen muss.

Bei dieser Berechnung würde der Feldspath, auf 100 berechnet, folgende Mischung haben:

SiO ₂	. . . . .	67.23
Al ₂ O ₃	. . . . .	19.12
Na ₂ O	. . . . .	7.59
K ₂ O	. . . . .	6.06
		<hr/>
		100.00

und der Aegirin, ebenfalls auf 100 berechnet:

SiO ₂	. . . . .	51.97
Fe ₂ O ₂	. . . . .	25.86
FeO	. . . . .	2.41
MnO	. . . . .	2.53
MgO	. . . . .	2.28
CaO	. . . . .	4.94
Na ₂ O	. . . . .	10.01
		<hr/>
		100.00

Die Zusammensetzung des Lestiwarits aus dem Gang N. von Kvelle unterscheidet sich somit nur wenig von der Zusammensetzung, welche ich früher nur aus dem mikroskopischen Befund des Vorkommens von «Lysebøfjord» berechnet hatte.

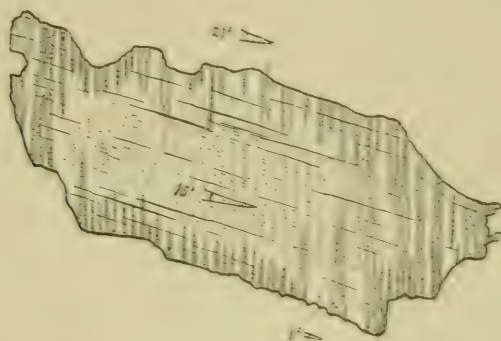
Lestiwaritgänge von der Halbinsel N. von Flatø, am Farrissee.

Als Syenitaplit von Lysebøfjord wurde dies schneeweisse Gestein schon früher (l. c.) beschrieben. Die genaue Lokalität ist aber nicht, wie früher angegeben, Lysebøfjord, sondern die Südseite der Halbinsel zwischen Grøtfjord und Lysebøfjord am Farrissee N. von Flatø; es setzen hier dicht bei einander 6 kleine (höchstens 0.2 m. mächtige) liegende Adern im Laurdalit auf.

Die Zusammensetzung dieses Gesteins wurde nach der früher gegebenen Beschreibung (l. c.) schon oben erwähnt. Hier soll nur bemerkt werden, dass während im Gestein N. von Kvelle die mikroperthitischen Randzonen nur ausnahmsweise auftreten und dann ganz schmal sind, bei diesem Lestiwarit (es wurden hier übrigens am Farrissee mehrere Gänge beobachtet) das Verhältniss gerade umgekehrt ist, indem hier die Kryptoperthitkerne im Vergleich mit den mikroperthitischen Randzonen eine untergeordnete Rolle spielen, ja manche Körner bestehen nur aus Mikroperthit. Was den Pyroxen betrifft, so hat die nähere Untersuchung gezeigt, dass dieser nicht, wie bei der früheren Beschreibung

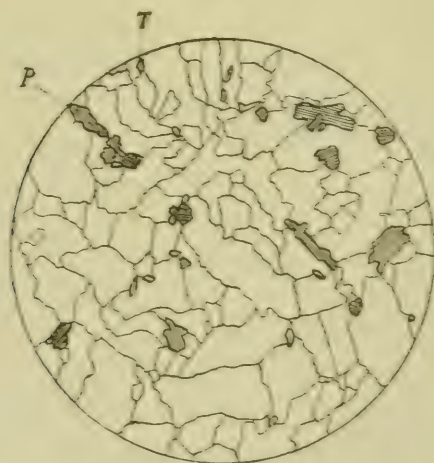
angenommen, gewöhnlicher Diopsid ist, sondern ein *Aegirin-Diopsid* (*Aegirinaugit*) mit Auslöschungswinkel $c:c$ von bis 55° zu 60° . Dieser *Aegirin-Augit* ist mit seinen blaugrünen Absorbtionsfarben und kaum merkbarem Pleochroismus dem *Aegirinaugit* im Laurdalit-Hauptgestein ganz

Fig. 3.



Schnitt von Feldspath aus Syenitaplit, Lyseböfjord, ungefähr nach (010); der Kern von Kryptoperthit fein gestrichelt, die Randlamellen von Orthoklas weiss, von Albit punktiert.

Fig. 4.



Syenitaplit von Lyseböfjord.

Die kleinen Körnchen mit dicken Contourstrichen ohne Streifung (*T*) sind Titanit, diejenigen mit Streifung Pyroxen (*P*); die Hauptmasse der Körner, mit dünnen Contourstrichen, sind Feldspathkörner. $\frac{15}{1}$.

ähnlich. Der Titanit im Gestein von Lyseböfjord ist ungewöhnlich stark roth gefärbt und entsprechend stark pleochroitisch (im Gestein N. von Kvelle fast farblos im Dünnschliff), gewöhnlich in kleinen spitzrhombischen Schnitten. Der *Apatit* wie im Kvelle-Gestein sehr spärlich.

Die Structur ist mit derjenigen des vorigen im Wesentlichen übereinstimmend, nur sind die einzelnen Feldspathkörner weniger ausgesprochen isomer eckig, und greifen mehr mit zackigen ein- und ausgebucheten Umrissen in einander ein, wie die Wiederholung der obigen Figur aus der früheren Beschreibung zeigt.

Wie bei früherer Gelegenheit erwähnt, kommt in der Nachbarschaft dieses Ganges ein dunkler Gang eines basischen Gesteinstypus vor, welcher ungefähr in der Mitte zwischen einem Glimmersölvbergit (mit Einsprenglingen von brauner Hornblende) und einer Natronminette steht.¹

Lestiwarit von Strandsåsen, Farris.

An der Westseite des Farrisesees, in Strandsåsen (W. von der Insel Eikenäsö) findet sich im Laurdalit ein kleiner, ca. $\frac{1}{2}$ Meter mächtiger, N.—S. streichender Gang von weissem Lestiwarit. Unter dem Mikroskop sieht man, dass das Gestein genau die Structur (und Korngrösse) des Lestiwarits N. von Kvelle besitzt; der Feldspath ist durch und durch *Mikroklinmikroperthit*, neben welchem in geringer Menge kleine Körnchen von typischem *Aegirin* und etwas spärlicher von einer eigenthümlichen *Hornblende* vorkommen, welche beim ersten Anblick zum Theil wohl mit dem *Aegirin* verwechselt werden könnte; die Absorbtionsfarben sind: b violettgrau (rauchfarbig), $> c$ blaugrün (bis fast reingrün), $< a$ hell grünlich gelb; Auslöschung $c:c$, ca. 45^0 bis 58^0 . Diese Hornblende ist demnach wohl ein Glied der Katophorit-Arfvedsonit-Reihe (doch mit geringem TiO_2 -Gehalt). Die grünen Schnitte sind dem *Aegirin* beim ersten Anblick sehr gleich, doch sind die Interferenzfarben bei der niedrigeren Doppelbrechung bei weitem nicht so lebhaft wie beim *Aegirin*. Von Übergemengtheilen kommt *Titanit* und *Zirkon* vor, beide nicht ganz spärlich, sowie zwei tiefbraune unbestimmte Mineralien (das eine in isomeren Körnchen, isotrop, an Pyrochlor?, das andere in kleinen, schwach doppelbrechenden kurzen Tafeln), endlich *Eisenerz* (*Magnetit*) in eigenthümlich skeletartigen oder durchlöcherten Körnchen (gleichzeitig mit dem Feldspath krystallisirt!) und Spuren von Apatit. Von Quarz oder Nephelin keine Spur.

Sehr spärlich finden sich im weissen Gestein kleine schwarze Ocelli, 2—5 mm. gross, bestehend aus zusammengehäuften, etwas grösseren Körnchen von *Aegirin* und der genannten Hornblende sammt Apatit und Eisenerz. Man sieht hier, dass die Hornblende eine deutliche zonare Structur zeigt mit Auslöschungswinkeln in Schnitten ungefähr nach (010)

¹ Siehe Eruptivgest. d. Kristianiageb. I, P. 117. Siehe auch oben P. 149.

von wie oben erwähnt 45° bis 58° , wobei die Randtheile die grössten Auslöschungswinkel zeigen. Die Absorbtionsfarben sind dabei kaum merkbar verschieden; die Interferenzfarbe ist für die Randtheile mit dem grössten Auslöschungswinkel in Schnitten ungefähr nach (010) das tiefblaue erster Ordnung, welches sonst nur beim Zoisit und wenigen anderen Mineralien zu beobachten ist. In diesen Ocelli scheint übrigens die Hornblende zum grössten Theil früher als der Aegirin auskrystallisirt.

Lestiwarit von Sletsjö.

Gleich nördlich von der Landstrasse zwischen Kvelle Kirche und Kvelsvik am Farrissee, etwas östlich von dem Häuslerhofe Sletsjö (N. von Jordstöp), setzt ein ca. 1 Meter mächtiger Gang von weissem Lestiwarit in Foyait auf. Das feinkörnige Gestein ist echt aplitisch struirt, und besteht aus *Mikroperthit* mit ein wenig *Aegirin* (in oft skelettartig durchlöcherten Körnern) sowie daneben ganz spärlich aus kleinen Körnchen einer eigenthümlichen *Hornblende*, welche zwar mit derjenigen im Lestiwarit von Strandsåsen etwas verwandt, aber doch deutlich verschieden ist. Der Pleochroismus ist nämlich recht schwach (bei weitem schwächer als beim Aegirin), indem die Absorbtion selbst überhaupt auffallend schwach ist, mit b (hell rauchfarbig) $< c$ ungefähr $= a$, die beiden letzteren sehr hell grünlichblau (ungefähr Diopsidfarbe); Maximumauslöschung in schiefen Längsschnitten ungefähr 45° . Diese eigenthümliche Hornblende dürfte wahrscheinlich, wie die im vorigen Gestein, einer TiO_2 -armen Nebenreihe der Kataphorit-Arfvedsonit-Reihe angehören. Ausser den genannten Mineralien findet sich auch *Quarz* nicht ganz sparsam, vielleicht ungefähr 5%, von vollkommen primärer Bildung; in äusserst geringen Spuren endlich *Titanit*, *Zirkon*, *Eisenerz* und *Apatit*, alle in winzigen Körnchen. Schliesslich kann bemerkt werden, dass die Mikroperthitstructur bei diesem Gestein nicht selten eine Orientirung ungefähr nach den Pyramidenflächen (86i) und (86i) aufweist,¹ eine Orientirung, die übrigens auch bei verschiedenen Hedrumiten, Pulaskiten und Foyaiten des Lougenthales recht verbreitet ist.

Lestiwarit von der Ostseite des Farris.

An dem Ostufer des Farrissees, am Festlande Ö. von der Insel Flatö setzt eine kleine, nur 0.2 m. mächtige Ader von Syenitaplit im

¹ Cfr. N. V. Ussing: «Alkalifeldspaterne i de sydgrønlandske Nefelinsyeniter» (Köbenhavn 1893) P. 100 etc. og Tab. IV, Fig. 1.

Laurdalit auf. Diese unterscheidet sich trotz der geringen Mächtigkeit auffallend durch grösseres Korn (durchschnittlich 1 bis 3 mm. für den Feldspath, die dunklen Mineralien wie gewöhnlich in feinerem Korn); die Structur ist aber doch die typische Aplitstructur. Der Feldspath ist auch hier *Mikroclinmikroperthit*, neben welchem nicht ganz sparsam reingrüner *Aegirin* (selten mit Kern von Aegirindiopsid) und in sehr geringer Menge daneben *Riebeckit*, theils zwischen den Feldspathkörnern, theils verwachsen mit dem Aegirin. *Titanit* in kleinen spitzrhomischen Krystallen häufig, während *Magnetit* und *Apatit* zu fehlen scheinen. Dieser Aplit zeigt zum Theil eine ursprünglich kleindrusige Structur mit rectangulärer Begrenzung der Feldspathkörner gegen die kleinen Hohlräume, welche nachträglich mit *Albit* und schliesslich mit *Quarz* gefüllt sind; dieser Syenitaplit führt somit ca. 5 % Quarz, was bei den übrigen Lestiwaritvorkommen dieser Gegend sehr selten ist. Der Quarz ist kaum ein rein sekundäres Mineral, sondern der letzte Absatz der magmatischen Lösung selbst.

Lestiwarit von einem Gang südlich von Heum.

Dies Gestein bildet einen mehrere Meter mächtigen Gang gleich südlich von Heum (zwischen Gjona im Lougenthal und dem Lysebøfjord am Farrissee), gleich in der Nähe des oben beschriebenen Ganges von Heumit; es ist gelblichweiss feinkörnig, mit Pünktchen von Eisenoxydhydrat.

Unter dem Mikroskop sieht man, dass das Gestein *fast ausschliesslich aus Alkalifeldspäthen* besteht; von dunklen Mineralien finden sich nur unbedeutende gelbrothe Flocken von Eisenoxydhydrat (vielleicht Reste eines Minerals der Aegirinreihe?) mit feinstem Magnetitstaub in ganz verschwindender Menge, zusammen wohl kaum 2 %. Auch Titanit und Apatit konnte ich nicht entdecken.

Der Feldspath ist sehr complicirt struirt. Die meisten Körner bestehen aus Mikroperthit, aber von sehr verschiedenem Bau. Ein Theil der Mikroperthitkörner besteht nämlich aus *Moiré-Mikroclin*¹ in feinstem lamellarem Aufbau, mit ebenfalls moiré-artig vertheilten Partien von zwillinglamellirtem Albit durchwachsen; auf Schnitten nach (001) giebt diese Verwachsung ein sehr bunt moirirtes Bild, in Schnitten nach (010) das gewöhnliche Bild mit fingerförmig in einander greifenden, häufig auskeilenden, abwechselnden Lamellen. Man könnte diese Art der Verwachsung als *Moiré-Mikroperthit* (vollständiger: Moirémikroclin-

¹ Eruptivgest. d. Kristianiageb. I, P. 11.

Mikroperthit) bezeichnen. In gewöhnlichem Licht unterscheidet sich der Mikroklin durch stark getrübbtes Aussehen von dem klaren unzersetzten Albit.

Dann finden sich ausserdem andere Körner, welche aus *Gitter-Mikroklin* mit *sehr* feinen kreuzweisen Lamellen bestehen; diese Körnchen sind fast immer mit offenbar *sekundärem* Albit verwachsen, wobei in Schnitten parallel (001), die Albitlamellen nach der b-Achse, in Schnitten nach (010) nach der c-Achse angeordnet, also wahrscheinlich nach der Lösungsfläche (100) abgesetzt sind, indem der durch eingebrungene Lösungen nach und nach aufgelöste Mikroklin von Albit ersetzt ist. Der Albit in diesen Lamellen ist vollständig klar, frisch und hat häufig breite Zwillingslamellen nach (010); er unterscheidet sich auch durch sein Aussehen von dem gewöhnlich feiner lamellirten (primären) Albit in dem Moiré-Mikroperthit.

Endlich bestehen einige Körnchen theilweise auch aus Kryptoperthit, ausserdem ebenfalls mit gröberen Albitschnüren; und schliesslich ist Albit als letzte Bildung in ganz kleinen Kryställchen in geringer Menge zwischen den grösseren Feldspathkörnchen abgesetzt.

Es sind in diesem Gestein offenbar sowohl primäre als sekundäre Mikroperthitbildungen vorhanden, und gleichzeitig mit den Lösungsprocessen, bei welchen der Albit den Mikroklin theilweise ersetzte, krystallisirte der Albit auch als letzte Bildung auf den drusigen kleinen Zwischenräumen zwischen den grösseren Körnchen aus.

Die *Structur* ist auch in diesem Falle eine recht typische Aplit-structur; kein Korn zeigt idiomorphe Begrenzung. Doch ist die Ausbildung noch weniger eckig isomer als im vorigen Falle; die einzelnen Körnchen greifen noch mehr unregelmässig zickzackförmig in einander ein, und grössere und kleinere Körnchen liegen in äusserst verworrener Anordnung durch einander. Das bunte Structurbild wird noch verwischt durch die spätgebildeten Lösungsabsätze und Randbildungen von Albit, sowie dadurch, dass in diesem Gestein die Ausfüllung mit Substanz bei der magmatischen Erstarrung nicht überall ganz vollständig war, sondern kleine offene Räume hinterliess, welche erst nachher mit Albit gefüllt wurden. Auch die flockigen Eisenoxydhydrate liegen zwischen den Feldspathkörnchen angehäuft.

Nach einer Schätzung der Mineralien-Zusammensetzung, welche der Wahrheit ziemlich nahe kommen dürfte, sollte dies Gestein bestehen aus ungefähr:

SiO₂ 66.36, Al₂O₃ 18.87, Fe₂O₃ 1.71, CaO Spur, Na₂O 8.67, K₂O 4.15, H₂O 0.24.

Lestiwarit aus Gang N. von Gjona, Lougenthal.

Der kaum 1 Decimeter mächtige Gang ist schneeweiss, feinkörnig und setzt durch Nephelinsyenit; die untersuchte Stufe stammt aus einem Prellstein, der ganz in der Nähe ein Stück nördlich von Gjona losgesprengt ist.

Die Zusammensetzung dieses Ganges ist wie im vorigen Gestein ganz vorherrschend *Mikroperthit* und *Albit*, daneben in geringer Menge *Aegirin* und schliesslich als letzte Bildung ein *Carbonat*, wahrscheinlich wesentlich Kalkspath.

Die Hauptmasse des Feldspaths ist ein feinlamellirter *Moirémikroperthit* (Moirémikroklin perthitisch verwachsen mit Albit); dieser ist oft durch und durch von Albitschnüren durchwachsen und auch sehr häufig von Albit umrandet, wobei dieser Randalbit gewöhnlich aus breiten Zwillingslamellen nach dem Albitgesetz besteht; ebenso ist in kleineren tafelförmigen Krystallen Albit ohne jede Orientirung *poikilitisch* im Mikroperthit eingeschlossen als eine deutlich ältere Bildung. Endlich findet sich Albit in sehr *feinschuppigen Aggregaten* (ohne idiomorphe Begrenzung und häufig ohne Zwillingslamellen) als *Füllung* und also als spätere Bildung zwischen den grösseren Mikroperthitkörnern, und als Verkittungsmaterial zwischen den bisweilen geknickten und sogar krumm gebogenen Körnern des genannten Minerals, welche auch, wie schon erwähnt, oft von einer Randzone von Albit umwachsen sind.

Die Structur des Gesteins ist ziemlich verschieden von den zuerst beschriebenen Lestiwariten N. von Kvelle etc. und nähert sich zwar bedeutend mehr dem Gestein S. von Heum, indem jedoch auch die Eigenthümlichkeiten der Structur dieses letzteren Vorkommens hier noch viel mehr hervortretend sind. In dem Gestein N. von Gjona ist nämlich eine bestimmte Annäherung an eine dicktafelige oder in Schnitten nach (001) kurzrektanguläre Form der Mikroperthitkörner erkennbar; doch ist dieselbe in der Regel nur unvollkommen ausgebildet und die Umrisse der einzelnen Körner deshalb noch oft ganz unregelmässig, zickzackförmig in die Nachbarkörner hineingreifend etc., und kleine und grössere Körner in allen Richtungen wirr durch einander. Dabei ist nun auch eine unvollständige Ausfüllung des Raumes ursprünglich vorhanden gewesen, und die so gebildeten kleinen eckigen offenen Räume deshalb häufig von winzigen neuangesetzten Albitkryställchen begrenzt. In diesen offenen Räumen sind dann nachträglich noch die erwähnten feinschuppigen Albitaggregate abgesetzt und schliesslich als letzte Füllung Carbonate nicht ganz spärlich (bisweilen auch mit sphärolitischer Structur).

Die Structur ist somit eine halb autallotriomorphe, halb drusig idiomorphe, — eine recht charakteristische Aplitstructur, obwohl von anderer Ausbildung als die typische Aplitstructur mit auch ursprünglich vollständiger Raumausfüllung, welche das Gestein N. von Kvelle auszeichnet.

Fig. 5.



Aegirin-Aplit N. von Gjona.

Die Hauptmasse der Körner (fein gestrichelt) sind Mikroperthit, die deutlich lamellirten Körner sind Albit; die schuppige Füllung der Zwischenräume bezeichnet ebenfalls Albit, die punktirte Carbonat. Die dunkel gestrichenen, öfters zusammengehäuften Körnchen sind Aegirin.

Der *Aegirin* ist nur in ganz geringer Menge, kaum 3 bis 4 Procent vorhanden; er ist etwas eigenthümlich, ungewöhnlich schwach pleochroitisch (hell grün, grünlichgelb), aber sonst mit den Eigenschaften des typischen Aegirins, schon etwas zersetzt; er ist nur als ganz winzige unregelmässig begrenzte Körnchen und Aggregate ausgebildet, und zwischen den Feldspathkörnern, oft deutlich nach diesen, als Zwischenklemmungsmasse abgesetzt.

Dieser Typus von Lestwarit bildet durch seine Structur deutlich einen Übergangstypus zu gewissen bostonitischen Ganggesteinen, welche

durch kurztafelförmige Ausbildung ihrer Feldspäthe charakterisirt sind und namentlich in saurerer Mischung und quarzführend (Lindöit-Typus des Kristianiathales) bei Kristiania recht verbreitet sind.

Eine genauere Untersuchung der Lestiwaritvorkommen des Laurdalitgebietes wird wahrscheinlich auch eine vollständige Übergangsreihe zwischen typisch aplitisch struirten Lestiwariten und quarzfreien Bostonit-typen vorlegen können; denn ich muss wiederholen: *chemisch* ist zwischen den beiden Reihen kein Unterschied vorhanden, mineralogisch auch nicht, der Unterschied ist lediglich structurell.

Die allgemeinen genetischen Beziehungen zwischen dem Laurdalit und seinem Ganggefolge.

In der vorstehenden Darstellung haben wir eine Anzahl Ganggesteinstypen kennen gelernt, welche, ihres Vorkommens (grösstentheils in den peripherischen Theilen des Laurdalitmassives und in seiner nächsten Umgrenzung) und ihrer Zusammensetzung wegen, als wahrscheinlich mit dem Laurdalit selbst genetisch verbunden angesehen werden mussten.

Von diesen Typen sind mehrere für die Gefolgschaft des Laurdalits eigenthümlich; dies ist mit dem Farrisit, den Heumiten, den Natronminetten, den Nephelinrhombenporphyren etc. der Fall; die Tinguait, die quarzfreien (zum Theil nephelinführenden) Sölvbergite, die Lestwarite, sowie die Nephelinporphyre und die Foyaite sind zwar aus anderen Gegenden, aber ebenfalls nur aus dem Ganggefolge nephelinsyenitischer Gesteine bekannt. Endlich scheinen auch die Camptonite und die Bostonite ganz vorherrschend, obwohl nicht ausschliesslich, als Begleiter nephelinsyenitischer Gesteine aufzutreten.

Derartige Verhältnisse liefern, wie schon von *Rosenbusch* in seiner grundlegenden Abhandlung über die Spaltung der Eruptivmagmen hervorgehoben, den entscheidendsten Beweis für den *genetischen Zusammenhang* zwischen einem Hauptmagma von einer gewissen Zusammensetzung und einer Anzahl von diesem abgeleiteter Magmen von ganz abweichender Mischung.

Die Entwicklung der Petrographie in den letzten Jahren zeigt von den verschiedensten Stellen der Erde eine Anzahl charakteristischer Beispiele eines derartigen Verhältnisses, dass ein bestimmtes Tiefengestein eine ganze Reihe für dasselbe eigenthümlicher Gangbegleiter im Gefolge hat, welche als Begleiter anderer Tiefengesteine niemals oder wenigstens sehr selten beobachtet worden sind; es ist deshalb,

trotz der manchmal sehr stark abweichenden chemischen Zusammensetzung dieser Gangbegleiter von ihrem Hauptgestein ebenso wenig möglich den genetischen Zusammenhang einer derartigen eigenthümlichen Ganggefölschaft mit demjenigen Tiefengestein, welches sie begleiten, zu leugnen, als die direkte genetische Verknüpfung der Apophysengänge eines Tiefengesteins mit demselben zu bestreiten. Es fragt sich nunmehr nur, *wie* dieser genetische Zusammenhang sich am besten erklären lässt.

Da die Glieder einer derartigen stark differenzirten Ganggefölschaft offenbar in vielen, ja ziemlich sicher in den meisten Fällen als *Nachschübe* von Magma, welche nach der Haupteruption aufgedrückt wurden, erklärt werden müssen, — die Gänge setzen auch im Hauptgestein selbst, namentlich in seinen peripherischen Theilen, auf —, müssen die verschiedenen chemischen Mischungen der Gangmagmen aus dem Hauptmagma abgeleitet sein.

Man könnte zwar hier einwenden: es ist nicht die Rede von einem einheitlichen Hauptmagma, ein solches hat nicht existirt, denn die Tiefengesteinsmassive sind selbst nicht chemisch homogen; die Gangbegleiter eines Tiefengesteins sind somit nur aus einer ursprünglich inhomogenen Beschaffenheit des entsprechenden abyssischen Magmas selbst zu erklären. Zugegeben, dass dies in einigen Fällen richtig wäre — es ist dies jedenfalls nicht immer der Fall —, ist damit aber keine Erklärung des wesentlichen Verhältnisses, nämlich einer genetischen Zusammengehörigkeit chemisch verschiedenartiger Magmen, gegeben; es wäre dies nur eine Verschiebung der Erklärung, es müsste dann die Entstehung der Inhomogenität des betreffenden Tiefengesteinsmagmas selbst erklärt werden. Im vorliegenden Falle hat diese «Erklärung» der Ganggefölschaft nun jedenfalls keine Bedeutung, da das Laurdalitmagma, so wie es als Tiefengestein erstarrt ist, sicher nicht eine derartige vielseitig gegliederte Mischung, wie sein Ganggefölsge, aufweist. Die sogenannte «ursprüngliche Inhomogenität» ist im vorliegenden Falle deshalb nicht als Erklärung des Ganggefölsgees genügend.

Es sind dann, so viel ich verstehen kann, nur folgende Haupt-hypothesen möglich:

1. entweder müssen, wie die Differentiationshypothesen annehmen, die Gangmagmen in aller ihrer chemischen Verschiedenartigkeit, von einem in der Hauptsache homogenen Hauptmagma des entsprechenden Tiefengesteins *abgespalten* sein; oder
2. die Gangmagmen sind *Mischproducte*, sie sind jedes für sich zum Theil aus dem Hauptmagma und daneben zum anderen Theil aus fremder, assimilirter oder zugemischter Substanz entstanden, und

ihre Verschiedenartigkeit bezieht sich somit im Wesentlichen auf das Mischungs-Verhältniss der beiden Componenten.

Welche Hypothesen man nun für die Erklärung der gesetzmässigen Beziehungen eines Ganggefolges zum Hauptgestein annimmt, so viel muss für jeden, der sich durch Beobachtungen in der Natur selbst über hierher gehörige Fragen eine selbständige Ansicht gebildet hat, einleuchtend sein, dass die Relationen eines bestimmten Tiefengesteins einerseits zu seinem *Ganggefolge* und andererseits zu seinen *Grenzfaciesbildungen* jedenfalls *in beiden Fällen auf analoge Processe zurückgeführt werden müssen*, und dass somit eine jede Hypothese, welche die Entstehung einer besonders zusammengesetzten Grenzzone eines Tiefengesteins zu erklären versucht, auch für die Erklärung der dasselbe begleitenden Gangmassen ausreichen muss, sonst ist dieselbe als allgemein gültige Hypothese überhaupt ungenügend.

Nun ist es aber offenbar, dass eben das Studium der Ganggefolgschaft der verschiedenen Tiefengesteine in dieser Frage die wichtigsten Beiträge liefern kann.

Es ist nämlich einleuchtend, dass sich durch jede Mischungshypothese¹ oder Assimilationshypothese die thatsächlich nachgewiesenen *gesetzmässigen* Beziehungen zwischen den verschiedenen Tiefengesteinen und ihrer Ganggefolgschaft *nicht* erklären lassen.

Wenn nämlich ein Gangmagma von bestimmter Zusammensetzung theils aus Magma von der Zusammensetzung des genetisch mit demselben verbundenen Hauptgesteins, theils auch aus zugemischter oder (z. B. durch Auflösen oder Einschmelzen der unterwegs passirten Nebengesteine) assimilirter Substanz bestände, dann müsste die Zusammensetzung der Theilmagmen einer solchen Ganggefolgschaft doch wohl in erster Linie eine rein *zufällige* sein, und könnte nicht, wie thatsächlich nachgewiesen, eine bei oft zahlreichen, weit getrennten Vorkommen verwandter Hauptgesteine regelmässig wiederkehrende Beschaffenheit der verschiedenen Glieder aufweisen.

Es würde dann z. B. schwer verständlich sein, dass die Nephelinsyenite, so viel bis jetzt bekannt, nicht von ganz sauren, quarzreichen Ganggesteinen begleitet sind, da ja die Zusammensetzung der Natronquarzsyenite (Nordmarkite) sowie der Natrongranite genügend beweist,

¹ Ich will hier ausdrücklich bemerken, dass ich bei diesem Ausdruck nicht mehr an die bekannte Hypothese von *Bunsen* über das normaltrachytische und das normalpyroxenische Magma denke; diese Hypothese hat jetzt selbstverständlich nur historisches Interesse.

dass magmatische Gesteine, deren Magmen sich *procentisch* als Nephelinsyenitmagma + SiO_2 deuten lassen, in der Natur vorkommen. Man müsste dann doch wohl annehmen, dass irgendwo in der Welt ein nephelinsyenitisches Magma auch durch *saure* Nebengesteine (Quarzite, Sandsteine etc.) aufgepresst gewesen sein könnte und dabei infolge der Assimilationshypothese auch saure Gangbegleiter im Gefolge haben müsste.

Auch wäre es dabei nicht ohne besondere Hülfsypothesen (welche dann selbst Differentiationsypothesen sein würden) erklärlich, weshalb z. B. die sauersten Gangbegleiter der Nephelinsyenite, die Bostonite und die Lestiwarite, gleichzeitig auch so *äusserst arm an Fe-, Mg- und Ca-Mineralien* sind, während eben an Fe, Mg und Ca reiche Ganggesteine so häufig zusammen mit denselben auftreten. Zugegeben nämlich, dass *eine* Gruppe der Gangbegleiter eines intermediären Tiefengesteins (z. B. eines Nephelinsyenites), — *entweder* die saureren (Mg, Fe, Ca-armen) *oder* die basischeren (Mg, Fe, Ca-reicheren) Ganggesteine, — z. B. durch Assimilation des Nebengesteins eine im Vergleich mit dem Hauptmagma geänderte Zusammensetzung erhalten hätte, so müsste doch wohl die andere der beiden Gruppen im Allgemeinen ausgeschlossen sein? Es könnte doch nicht *dasselbe Magma* durch Assimilation *desselben Nebengesteins* gleichzeitig saurere und basischere Magmen, die einen Alkali-magmen, die anderen Ca-, Mg-, Fe-Magmen, bilden?

Diese beiden eben berührten gesetzmässigen Verhältnisse — *erstens*, dass jede bestimmte Gruppe von Tiefengesteinen an zahlreichen Vorkommnissen in der ganzen Welt von einer *bestimmten* Ganggefolgschaft begleitet wird, und *zweitens*, dass diese Ganggefolgschaft in jedem einzelnen Falle so häufig aus *complementären*, paarweise oder mehrere zusammen einander zum Hauptmagma ergänzenden Gangbegleitern (z. B. Camptoniten und Bostoniten, Minetten und Apliten u. s. w.) besteht; diese und andere *gesetzmässige* Beziehungen der Tiefengesteine und ihrer Gangbegleiter, sowie der letzteren unter sich, lassen sich, so viel ich verstehen kann, durch keine Hypothese, deren Hauptprincip eine Einmischung von zugetührter Substanz zum Hauptmagma ist, erklären. Das End-Resultat einer irgendwelchen Zufuhr von Substanz musste nämlich in erster Linie von der *Menge* dieser Substanz abhängig sein, musste also im Allgemeinen in *einseitiger* Richtung gehen; schematisch kann dies, wenn *Z* zugeführte oder assimilierte Substanz, *M* die Mischung des Stammmagmas (Hauptgesteins), *G* die Mischung eines beliebigen Gangbegleiters bedeutet, durch folgende Formel ausgedrückt werden:

$$G = M + x Z$$

$$G_1 = M + y Z$$

$$G_2 = M + z Z$$

etc.

Die Ganggefolgschaft eines intermediären Hauptmagmas müsste theoretisch also im Allgemeinen z. B. *entweder* saurer *oder* basischer (reicher an Mg-, Fe-Verbindungen etc.) als dieses selbst sein; eine *gesetzmässig* wiederkehrende, *complementäre* Ganggefolgschaft von einerseits saureren, andererseits basischeren Gliedern scheint aber bei jeder Assimilationshypothese (ohne Hülfsypothesen) ausgeschlossen.

Schon diese kurzen Betrachtungen beweisen nach meiner Ansicht genügend, dass die *gesetzmässigen* Beziehungen zwischen einem Tiefengestein und seiner Ganggefolgschaft, sowie zwischen den einzelnen abweichend zusammengesetzten Gliedern dieser letzteren, unter sich, nur durch die Annahme ihrer Abspaltung aus dem betreffenden Hauptmagma selbst unter Differentiation desselben erklärt werden können, und diese Annahme wollen wir vorläufig zu Grunde legen, indem wir nachher die verschiedenen Differentiationsypothesen kurz diskutieren werden.

Wenn diese Auffassung des genetischen Zusammenhanges eines bestimmten Tiefengesteins und seines Ganggefolges richtig ist, dann würde der Gedanke nahe liegen, dass *die Durchschnittszusammensetzung sämtlicher Glieder einer Ganggefolgschaft der Mischung des mit derselben genetisch verknüpften Hauptgesteins entsprechen müsse*; es dürfte dann auch möglich scheinen, diese Annahme auf Grundlage einer genügenden Anzahl Analysen durch Rechnung zu prüfen, wenigstens wenn die relativen Quantitätsverhältnisse der einzelnen Glieder des Ganggefolges als einigermaassen genügend bekannt angesehen werden könnten.

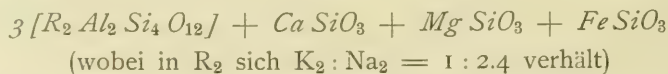
Nun würde es wohl kaum je gelingen, dessen sicher zu werden, dass man wirklich in einem bestimmten Fall *sämtliche* in der That vorhandene Ganggesteinstypen entdeckt haben sollte, namentlich wenn die betreffende Ganggefolgschaft einigermaassen reich gegliedert ist; noch weniger würde es ja möglich sein, die Quantitäten der einzelnen Ganggesteine (in Volum oder Gewicht ausgedrückt) in Bezug auf einander auch nur annäherungsweise zu bestimmen, sondern man würde in diesen beiden wichtigen Punkten im Allgemeinen auf ziemlich unsichere Schätzungen angewiesen sein. Nichts desto weniger scheint es einleuchtend, dass je grösser das Material von Analysen der *verschiedenen* Glieder einer Ganggefolgschaft ist, und je zahlreicher die Beobachtungen über die Mächtigkeit und Anzahl der Gänge der einzelnen Gangtypen sind, desto mehr müsste eine derartige Berechnung der Durchschnitts-

zusammensetzung der Gänge mit derjenigen des zugehörigen Hauptgesteins stimmen.

Bei dem in dieser Abhandlung gewählten Beispiel, der Ganggefugschaft des Laurdalits, scheint die Grundlage für eine derartige Berechnung nicht ganz ungenügend.

Erstens scheint die Mischung des Laurdalits selbst für eine reiche Gliederung seiner Ganggefugschaft günstig gewesen zu sein, denn die Anzahl der analysirten chemisch verschiedenen Ganggesteinstypen ist ziemlich gross. In so fern scheint die eine Bedingung einer Berechnung soweit möglich erfüllt.

Betrachten wir die oben angenommene Durchschnittsmischung des Laurdalits etwas näher, so sehen wir sofort, dass dieselbe keineswegs — wie die nephelinsyenitischen Magmen φ es nach *Rosenbusch* im Allgemeinen thun sollten — einem «reinen» Magma entspricht; sie enthält zusammen mit den Alkali-Thonerde-Silikaten auch Ca-, Mg-, Fe-Verbindungen, *reichlich* gemengt; dies ist gewiss eben eine Bedingung der reichen Gliederung seiner Ganggefugschaft gewesen. Wohl aber können wir sagen, dass das Laurdalitmagma eine *intermediäre* Mischung darstellt. *Ja, der typische Laurdalit repräsentirt sogar in ungewöhnlich hohem Grade eine intermediäre Mischung*, — nicht nur in dem gewöhnlichen Sinne, dass der SiO_2 -Gehalt ein intermediärer ist, sondern auch in anderer Beziehung. Was zuerst den SiO_2 -Gehalt betrifft, so liegt dieser, 54.55, ziemlich genau in der Mitte zwischen den bekannten Extremen der SiO_2 -Gehalte der Massengesteine, ca. 30—33 % (der Melilithgesteine) und ca. 78—80 % (der Granite). Die Laurdalitzusammensetzung entspricht ferner ziemlich genau einer Mischung der in den Eruptivmagmen enthaltenen Elemente in Bindung als *Metasilikate*; eine Mischung von:



fordert die in der Columne I angeführte procentische Zusammensetzung, neben welcher in der Columne II die beobachtete Laurdalitzusammensetzung (wasserfrei) angeführt ist:

I	II
SiO_2 56.71	$\text{SiO}_2 (+ \text{TiO}_2 + \text{P}_2\text{O}_5)$. . 56.69
Al_2O_3 19.28	Al_2O_3 19.07
FeO 4.60	$\text{FeO} (+ \text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{MnO})$. . 5.70
MgO 2.51	MgO 1.98

I		II	
CaO	3.53	CaO	3.15
Na ₂ O	8.33	Na ₂ O	7.67
K ₂ O	5.04	K ₂ O	4.84
100.00		99.10	

Das Laurdalitmagma ist somit ein intermediäres Magma, in welchem auf 3 Moleküle des wasserfreien Leucit-Analcim-Silikates $R_2Al_2Si_4O_{12}$ (*Rosenbusch's* Kern φ) — oder, was damit gleichwerthig ist, auf ein Molekül $RAISiO_4$ ($= R_3Al_3Si_3O_{12}$ Nephelinsilikat) und ein Molekül $RAISi_3O_8$ ($= R_3Al_3Si_9O_{24}$ Alkalifeldspathsilikat) — zusammen 3 Moleküle von Metasilikaten von Ca und Mg und Fe (alle im Verhältniss 1 : 1 : 1) kommen;¹ die Übereinstimmung der beobachteten und der berechneten Zahlen ist keine absolute, aber doch eine approximative.

Was nun die andere Bedingung einer Berechnung der Durchschnittszusammensetzung der gesamten Ganggefölschaft betrifft, — nämlich genügend zahlreiche Beobachtungen über die Mächtigkeit und Anzahl der Gänge der einzelnen Gangtypen — so liegt auch in dieser Beziehung ein ziemlich umfassendes Beobachtungsmaterial vor; es kann bemerkt werden, dass die Gänge von Camptonit (Monchiquit), Bronzitkersantit (und Kersantit), Farrisit, Heumit, Natronminette, Tinguait, Sölvbergit, Bostonit, Lestivarit alle ziemlich spärlich und alle ungefähr gleich reichlich und in durchschnittlich ungefähr gleich mächtigen Gängen vorkommen; man macht deshalb bei einer Berechnung ihrer Durchschnittszusammensetzung gewiss keinen bedeutenden Fehler, wenn man ihnen allen ungefähr die gleiche Bedeutung zumisst.

Der Nephelinrhombenporphyr bildet zwar (nicht zahlreiche) grössere Gänge; da seine Mischung sich aber nur wenig von derjenigen des Laurdalits selbst unterscheidet, macht es nicht viel aus, ob er den schon genannten Ganggesteinen ebenfalls gleich gestellt wird. Dagegen müsste es entschieden berücksichtigt werden, dass die *Foyaite* in der Ganggefölschaft des Laurdalits *eine bei weitem grössere Rolle als andere Gangbegleiter* spielen, weniger durch die Anzahl als durch die Mächtigkeit ihrer Gänge. Wenn man deshalb die übrigen analysirten Ganggesteine nur einmal zählen lässt, wäre es gewiss berechtigt, die Foyaitanalysen bei der Berechnung der Durchschnittsmischung des Ganggefölses nicht einmal, sondern z. B. 10 oder 20 mal oder vielleicht noch mehrmal zu rechnen.

¹ Man vergleiche damit die Bemerkung von *Rosenbusch*, dass in den nephelinsyenitischen Magmen φ die Al-freien Magnesium und Eisensilikate «bis auf kleine Spuren fehlen».

Dies ist nun im Mittel II der folgenden Tabelle einigermaassen berücksichtigt, indem hier die Analyse des Foyaits von Brathagen 5 mal gerechnet ist; hierzu kommt die Analyse des Foyaits von Heum, und die (den Foyaiten ziemlich genau entsprechenden) Analysen des Nephelinporphyrs, des Ditroits und des Hedrumits, welche alle 1 mal gerechnet sind. So ist also dies Mittel berechnet aus je einem Theil der folgenden Gesteine: Camptonit (Kjose-Åklungen), Farrisit (Kjose-Åklungen), Bronzittersantit (Hovland), Heumit von Heum, und Heumit von Brathagen (Durchschnittszusammensetzung des ganzen Ganges), Natronminette von Håö, und Natronminette von Brathagen, Aegiringlimmersölvbergit (Kjose-Åklungen), Katophoritsölvbergit (Lougenthal), Tinguait (Hedrum), Bostonit (Hedrum), Lestiwarit (Kvelle), sowie aus im Ganzen 10 Theilen von ungefähr wie die Foyaite zusammengesetzten Gangmagmen (nämlich je 1 Theil des Foyaits von Heum, des Nephelinrhombenporphyrs von Vasvik, des Ditroits von Bratholmen,¹ des Nephelinporphyrs des Lougenthales, des Hedrumits vom Skirstadsee² und 5 Theilen des Foyaits von Brathagen).

Auch diese Proportionen scheinen nach dem vorliegenden Beobachtungsmateriale nicht den wahren Mengenverhältnissen zu entsprechen, indem die grossen Foyaitgänge des Lougenthales allein an Masse sämtliche übrigen Gangmagmen um so viel übertreffen, dass ihnen eigentlich eine noch weit grössere Rolle bei der Berechnung der Durchschnittsmischung des Ganggefolges zugestanden werden sollte. Da aber einige der grossen Foyaitmassen vielleicht nicht Gangmassen, sondern Grenzfaciesbildungen sind, und die kleineren Gänge der übrigen Gangbegleiter sich viel leichter im überdeckten Waldterrain verbergen, ist es doch möglich, dass die in der Tabelle II zu Grunde gelegten Massenverhältnisse der einzelnen Gänge von dem wahren Verhältniss nicht allzu stark abweichen.

Das auf dieser Grundlage berechnete Mittel II entspricht dann auch der oben angenommenen durchschnittlichen Zusammensetzung des Laurdalits, wie man sieht, so genau, dass die Differenzen für jede einzelne

¹ Diese Analyse ist also weniger deshalb berücksichtigt, weil ich die grosse Masse der Ditroite von Bratholmen *direkt* mit dem Laurdalit in Verbindung bringen möchte, als deshalb, weil dieselbe gewiss mancher Foyaitzusammensetzung entspricht.

² Diese Analyse bezieht sich zwar auf ein Ganggestein von Gran, welches nicht direkt mit dem Laurdalit in Verbindung gebracht werden kann, ist aber mitgerechnet, weil genau entsprechende, nicht analysirte Ganggesteine unter den Begleitern des Laurdalits beobachtet sind.

Substanz in keinem Falle mehr als $\frac{1}{3}$ % ausmachen, das heisst: beinahe innerhalb der Fehlergrenzen der Analyse liegen.¹

Nun kann hier allerdings bemerkt werden, dass der ganze Vergleich

und der Dur

<i>Aegirin-</i>	K
<i>Glimmer-</i>	S
<i>Sölvbergit;</i>	L
Kjose-	
Äklungen.	
58.90	
0.40	
17.70	
3.94	
2.37	
0.55	
0.54	
1.05	
7.39	
5.59	
1.90	
Spur	
—	
100.33	

t; im Mittel D
gelegt.

quantitativ herrschende Rolle der Foyait unter den Ganggesteinen nicht berücksichtigt ist, wie man sieht, die Übereinstimmung bei weitem geringer.

Substanz in keinem Falle mehr als $\frac{1}{3}$ % ausmachen, das heisst: beinahe innerhalb der Fehlergrenzen der Analyse liegen.¹

Nun kann hier allerdings bemerkt werden, dass der ganze Vergleich doch auch deshalb nur schwach begründet ist, weil die *wahre* genaue Durchschnittszusammensetzung des Laurdalitmassives aus guten Gründen immer unbekannt bleiben muss, und die hier als solche angenommene Mischung — obwohl auf geologische Beobachtungen und Analysen gegründet — ziemlich willkürlich erscheinen könnte; diese Einwendung ist gewiss nicht abzuweisen, falls von einem absolut genauen Mittel des Laurdalitmassives die Rede wäre. Ein solches kann selbstverständlich niemals sicher festgestellt werden; dagegen darf wohl behauptet werden, dass die oben angenommene Durchschnittsmischung sich jedenfalls *nicht bedeutend* von der wahren entfernen kann.

Bei dieser gut begründeten Annahme muss es dann umgekehrt als ziemlich unwahrscheinlich angesehen werden, dass eine so nahe Übereinstimmung wie die oben gefundene zwischen der angenommenen durchschnittlichen Mischung des Hauptgesteins und dem unter Berücksichtigung der geologischen Beobachtungen berechneten Mittel der Durchschnittszusammensetzung der Ganggefolgschaft nur der reine Zufall wäre. *Mir scheint diese Erfahrung am wahrscheinlichsten dahin gedeutet werden zu können, dass dieselbe eine weitere Stütze für den nahen genetischen Zusammenhang des Laurdalits und seiner Ganggefolgschaft liefert, und für die Annahme, dass diese reich gegliederte Ganggefolgschaft durch Differentiation des Laurdalitmagmas selbst entstanden sein dürfte.*

Es ist natürlich nicht meine Meinung zu behaupten, dass die Tabelle beweisen soll, dass aus einem Theil Laurdalitmagma eben genau $\frac{1}{24}$ Camptonit, $\frac{1}{24}$ Farrisit etc., sowie $\frac{5}{24}$ Foyait (gleich dem von Brathagen) etc. abgespaltet wäre, und dass alle diese Differentiationsproducte gleichzeitig und dabei keine anderen gebildet worden wären; sondern ich meine nur, dass derartige nahe chemische Beziehungen überhaupt mit einer gewissen Wahrscheinlichkeit durch die Annahme eines genetischen Verhältnisses zwischen dem Hauptgestein und seiner Ganggefolgschaft — und ohne diese Annahme nur schwer — erklärt werden können.

¹ Zum Vergleich ist in der Tabelle im Mittel I das einfache Mittel sämmtlicher in der Tabelle angeführten Ganggesteinsanalysen nebenbei angeführt; es ist hier, wo die quantitativ herrschende Rolle der Foyaite unter den Ganggesteinen nicht berücksichtigt ist, wie man sieht, die Übereinstimmung bei weitem geringer.

Selbstverständlich ist auch hier die ganze Grundlage einer *genauen quantitativen* Berechnung der *Durchschnittsmischung* des Laurdalits selbst sowie derjenigen seiner Ganggefolgschaft noch immer unsicher. Es ist, wie gesagt, nicht möglich zu behaupten, dass die erstere *genau* diejenige ist, die oben angenommen wurde (siehe P. 18—24); und, was die letztere betrifft, so muss die Grundlage der Berechnung der Durchschnittsmischung der gesamten Ganggefolgschaft natürlich noch unsicherer sein. Eine vollkommen sichere Basis lässt sich bei einer derartigen Berechnung, wie es in der Natur der Sache liegt, überhaupt niemals schaffen; man muss sich mit einer gewissen Wahrscheinlichkeit begnügen. Wenn aber die in Übereinstimmung mit den geologischen Beobachtungen zu Grunde gelegten Data unter sich übereinstimmen, muss man trotzdem mit einem gewissen Recht davon ausgehen können, dass eine derartige Übereinstimmung nicht ganz zufällig und unwesentlich sein dürfte.

Und zwar um so mehr, weil diese Beobachtung von einer innigen Verwandtschaft zwischen dem Laurdalit selbst und seiner Ganggefolgschaft ja keineswegs allein steht, sondern sich überall wiederholt, *indem ein jedes Tiefengestein sein eigenes besonderes Ganggefolge hat*, — dies so speciell, dass sogar jede *geringe* Änderung in der Mischung des Hauptgesteins sofort ihren Ausdruck findet in einer besonderen (chemischen) Ausbildung der einzelnen Glieder der Ganggefolgschaft; so haben die Nephelinsyenite zwar bei einer grossen Anzahl von Vorkommen der Hauptsache nach ein in mehreren Beziehungen übereinstimmendes Ganggefolge (von Camptoniten, Monchiquiten, Sölvbergiten, Lestivariten etc. etc.), *aber fast jedes Vorkommen zeigt doch immer eigenthümlich differenzirte Specialtypen*, welche den übrigen fehlen. So ist z. B. unter den Gangbegleitern des portugisischen Foyaits, des Chibiniten von Kola, der Nephelinsyenite von Arkansas, von Beemersville, des Sodalithsyenits von Kangerdluarsuk etc. etc. eine ganze Anzahl von Typen bekannt, welche dem Ganggefolge des Laurdalits fehlen und umgekehrt, und selbst die gemeinsamen Typen sind gewöhnlich nicht *genau* gleich zusammengesetzt;¹ aber trotzdem unterscheidet sich die gesammte Ganggefolgschaft aller Nephelinsyenite durch gewisse gemeinsame Eigenthümlichkeiten leicht und sicher von derjenigen aller anderen Tiefengesteine.

Ein eingehendes Studium der Ganggefolgschaften der einzelnen Tiefengesteine liefert deshalb, wie jeder, der sich selbst damit be-

¹ Ein interessantes Beispiel bieten die Sölvbergite von Crazy Mountains in Montana, verglichen mit denen des Kristianiagebietes dar; siehe hierüber Eruptivgest. des Kristianiageb. I, P. 107 ff.

schäftigt hat, wissen wird, eine zehnfach, ja hundertfach wiederholte Controlle ihrer genetischen Beziehungen, so dass jede Möglichkeit der Annahme zufälliger Einflüsse (Assimilationshypothesen) immer mehr ausgeschlossen scheint, je mehr die thatsächlichen Verhältnisse sich durch das detaillirte Studium enthüllen.

Die auffallenden allgemeinen genetischen Beziehungen der Tiefengesteine und ihrer Ganggefolgschaft, welche in vorliegendem Falle durch die Musterung der Gangbegleiter des Laurdalits, verglichen mit diesem selbst und mit dem Ganggefolge anderer nephelinsyenitischer Gesteine angedeutet scheinen, zeigen sich nun, wie wir im Folgenden sehen werden, bei mehr eingehender Berücksichtigung der einzelnen complementären Gangcomplexe des Laurdalitgefolges noch näher begründet.

Verschiedene complementäre Ganggruppen des Laurdalitgefolges.

Unter der Voraussetzung, dass die in der Gefolgschaft des Laurdalits auftretenden Gänge wirklich durch Differentiation aus dem Laurdalitmagma entstanden sind, schien es nun ferner von vorn herein wahrscheinlich, dass auch *kleinere Gruppen von beisammen in unmittelbarer Nachbarschaft von einander auftretenden Gängen* sich als *complementäre* Gänge verhalten dürften.

Andererseits schien es a priori, in Betracht der ausserordentlich reich differenzirten Ganggefolgschaft des Laurdalits, ziemlich hoffnungslos, zu versuchen, das engere genetische Zusammengehören kleinerer Ganggruppen als sich zur Mischung des Hauptmagmas ergänzenden complementären Gänge nachzuweisen; erstens deshalb, weil es natürlich eine Zufälligkeit sein würde, wenn für alle durch die Differentiation entstandenen Theilmagmen auch Gangspalten in unmittelbarer Nähe von einander geöffnet gewesen wären, zweitens weil, wie oben erwähnt, auch sonst für die Schätzung der relativen Mengenverhältnisse der bei der Abspaltung gebildeten derartigen complementären Theilmagmen keine sicheren Anhaltspunkte vorliegen konnten. Bei den Gabbrodiabasen von Gran, deren Ganggefolgschaft ganz vorherrschend nur aus zwei polaren Gliedern: Camptoniten und bostonitischen Ganggesteinen (Mænaiten; siehe oben) besteht, war in dieser Beziehung dies Verhältniss viel einfacher.

Auch *wenn* zufällig sämtliche complementäre Theilmagmen einer speciellen Differentiation des Laurdalits auf in unmittelbarer Nachbarschaft von einander auftretenden Gängen angetroffen werden sollten, könnte man aus der zufälligen Mächtigkeit der einzelnen Gänge auf der beobachteten Stelle keine sicheren Schlüsse auf die *ursprünglichen*

Mengenverhältnisse der abgespalteten Theilmagmen ziehen; denn eine Gangspalte, welche nur ganz schmal ist, könnte deshalb sehr wohl ein Theilmagma repräsentiren, welches in der That bei der Abspaltung vorherrschend gewesen wäre und umgekehrt.

Es schien unter diesen Umständen zuerst angemessen, sich mit dem oben angeführten *generellen* Resultat zu begnügen, und jeder Versuch eine specielle genetische Zusammensetzung kleinerer complementärer Gangcomplexe der Laurdalitganggefolgschaft mit dem Hauptgestein nachzuweisen, als ganz hoffnungslos aufgegeben werden zu müssen.

Wenn ich trotzdem im Folgenden die Resultate derartiger Versuche vorlegen werde, will ich deshalb sofort ausdrücklich präcisiren, dass ich selbst diesen Versuchen keine allzu grosse Bedeutung zuschreiben darf. Derartige Versuche müssen nämlich, wie es in der Natur der Sache liegt, immer bis zu einem gewissen Grade hypothetisch werden. Das heisst: hypothetisch in den *Einzelheiten* der Deutung des Zusammenhanges der einzelnen Ganggesteine unter sich und mit dem Hauptgestein; denn auch hier scheint mir die *Hauptsache*, dass *kleinere* Gangcomplexe zusammen als complementäre Derivate des Hauptmagmas aufgefasst werden müssen, nicht zweifelhaft. Zweifelhaft ist, wie viele Gänge zu jedem derartigen Gangcomplex gerechnet werden können, und in welchem relativen Mengen-Verhältniss ihre Mischungen einer bestimmten Spaltung entsprechen.

Da die Beobachtungen im Felde allein in jedem einzelnen Fall aus oben angeführten Gründen nicht genügen können, um ein sicheres Resultat zu geben, war kein anderer Weg übrig, als entweder jede derartige specielle Ableitung aufzugeben, oder auch ganz *versuchsweise* bei der Berechnung zu verfahren. Wenn z. B. an einer Stelle in der Nähe von einander Gänge von Foyait, Natronminetten oder Heumit, Lestiwarit etc. zusammen auftreten, schien es ein möglicher Weg zu prüfen, ob überhaupt x Theile des einen $+$ y Theile des zweiten $+$ z Theile des dritten etc. etc. der in unmittelbarer Nähe auftretenden Ganggesteine zusammen der Mischung des Hauptgesteins entsprechen.

Als in erster Linie für ein Studium der complementären Gangcomplexe des Laurdalits bedeutungsvoll, schienen die *Foyaitgänge* und ihre Begleiter von Natronminetten, Heumiten, Tinguaiten, Lestiwariten, Bostoniten etc. von Interesse zu sein. Die mächtigen Gänge von Foyait sind ja wie der Laurdalit selbst von nephelinsyenitischer Mischung; wie der Vergleich der Analysen der Laurdalite und der Foyaite zeigt, ist ja der Unterschied ihrer Durchschnittsmischung nicht bedeutend:

	<i>Laurdalit;</i> N. von Löve	<i>Laurdalit;</i> W. von Pollen	<i>Laurdalit;</i> Lunde ¹	<i>Foyait;</i> Brathagen	<i>Foyait;</i> Heum
SiO ₂	54.55	56.35	ca. 51.60	55.50	58.61
TiO ₂	1.40	1.00	ca. 1.50	0.50	1.10
Al ₂ O ₃	19.07	19.85	ca. 20.84	22.45	21.12
Fe ₂ O ₃	2.41	1.91	4.03	1.03	2.62
FeO	3.12	2.03	3.15	1.32	1.14
MnO	0.17	0.20	—	—	—
MgO	1.98	1.17	1.97	0.47	0.79
CaO	3.15	2.60	3.11	1.60	0.62
Na ₂ O	7.67	8.89	8.18	10.74	7.85
K ₂ O	4.84	5.31	4.72	5.48	5.93
H ₂ O (Glühv.) . .	0.72	0.70	0.22	0.96	1.01
P ₂ O ₅	0.74	0.67	ca. 0.50	Spur	Spur
	99.82	100.68	99.82	100.05	100.79

Durchschnittlich darf ich behaupten, dass die Foyaitmagmen der Gänge des Lougenthales entschieden ärmer an Fe-Oxyden, CaO und MgO und umgekehrt reicher an Alkalien und Thonerde sind als die Laurdalitmischungen, obwohl die Unterschiede nicht gross sind. Es ist deshalb eben das, was man erwarten sollte, dass die Foyaitgänge von Ganggesteinen, welche eine Anreicherung mit CaO, MgO und Fe-Oxyden aufweisen, begleitet sind, Gesteinen, wie die Natronminetten, die Heumite etc. Auf der anderen Seite sind sie auch von Gesteinen, die an den Basen der dunklen Mineralien noch ärmer sind als sie selbst, begleitet, Gesteinen wie Lestiwarite und Bostonite, Gesteinen, die im Gegensatz zu den Natronminetten etc., mit SiO₂ angereichert sind.

Wenn dies Zusammenvorkommen von Foyaiten mit den genannten Ganggesteinen bei den verschiedenen Vorkommen durch eine Special-differentiation des Laurdalitmagmas erklärt werden darf, müsste also erwartet werden, *dass eine berechnete Durchschnittsmischung der an jeder einzelnen Lokalität zusammen auftretenden Gänge einer Laurdalitmischung entsprechen müsse.*

Hier ist aber offenbar, dass der Anspruch auf eine Übereinstimmung der berechneten Mittel nicht, wie oben bei der Berechnung der Durchschnittsmischung *sämmtlicher* Gangmagmen der Laurdalitganggefolgschaft, so gefasst werden kann, dass die Durchschnittsmischung der Gangmagmen der einzelnen Vorkommen auch der *durchschnittlichen* Laurdalitmischung entsprechen soll; es scheint hier a priori sehr wohl

¹ Corrigirte Analyse; siehe oben P. 19.

möglich, dass die einzelnen complementären Gangcomplexe aus schon etwas differenzirtem Laurdalitmagma entstanden sein könnten; es muss somit die Forderung der Übereinstimmung, wie es scheint, mit Recht so erweitert werden können, dass das in jedem einzelnen Falle aus den beisammen auftretenden Gängen berechnete Mittel nur mit einer der bekannten (oder wahrscheinlichen) Laurdalitmischungen zu stimmen braucht.

Wir werden nun, indem wir die einzelnen Vorkommen vornehmen, näher prüfen, in wie fern die vorliegenden Beobachtungen einer derartigen Forderung genügen.

Gänge von Brathagen.

Bei Brathagen kommt längs der Chaussée ein Foyaitgang von bedeutender Mächtigkeit vor; in demselben findet sich im Walde der P. 126 beschriebene Gang von Natronminetten, sowie an der Chaussée der beschriebene Gang von Heumit. Was die Mächtigkeit der drei Gänge betrifft, so habe ich dieselbe für den Foyait an einer Stelle auf ca. 50 Meter geschätzt, was jedoch immerhin eine unsichere Bestimmung sein musste, da die Ganggrenzen nicht orientirt werden konnten; die Mächtigkeit des Natronminetteganges wurde zu 3 Meter gemessen, aber der ziemlich genau übereinstimmende Gang von Hagtvæt war nach Herrn *Damm* 8 Meter mächtig, so dass wohl eine grössere relative Mächtigkeit angenommen werden darf; der Gang von Heumit endlich mass nur ca. $\frac{1}{3}$ Meter, wobei aber doch bemerkt werden muss, dass der Gang des Heumits von Heum bedeutend mächtiger (ca. $2\frac{1}{2}$ Meter) war.

Ich meine deshalb, nach den geologischen Beobachtungen zu schliessen, keinen grossen Fehler zu machen, wenn ich die relativen Mengenverhältnisse der genannten drei Gangmagmen auf $\frac{1}{5}$ Heumit: 1 Natronminette: ca. 3 Foyait (oder genauer 1:5:14) geschätzt habe, wobei bemerkt werden muss, dass für den Heumit die P. 121 berechnete Durchschnittsmischung des Ganges zu Grunde gelegt ist. Nach dem Eindruck an Ort und Stelle sollte zwar dem Foyait eine bei weitem grössere Rolle zugeschrieben werden, da aber auf der anderen Seite auch mächtige Gänge von Natronminetten wie z. B. der 8 Meter mächtige Gang von Hagtvæt bekannt sind, und andererseits viel weniger mächtige Gänge von Foyait im Lougenthal vorkommen, muss es erlaubt sein, innerhalb mässiger Grenzen sich nicht an die zufällig an der Lokalität beobachteten Mächtigkeiten der Gänge zu binden, da diese ja jedenfalls unmöglich genaue Erläuterungen über die wahren Proportionen der Gangmagmen geben können.

	Heumit; (Durchschnitt).	Natronminette.	Foyait.	Mittel von 1 Th. Heumit. 5 « Natronm. 14 « Foyait.	Laurdalit; W. von Pollen.	Diff.
SiO ₂	51.22	51.22	55.50	54.21	56.35	+ 2.14
TiO ₂	2.22	1.70	0.50	0.88	1.00	+ 0.12
Al ₂ O ₃	17.22	17.56	22.45	20.96	19.85	÷ 1.11
Fe ₂ O ₃	1.42	3.51	1.03	1.67	1.91	+ 0.24
FeO	7.26	4.34	1.32	2.67	2.03	÷ 0.64
MnO	0.16	0.20	Nicht best.	0.20	0.20	+ 0.00
MgO	3.47	3.22	0.47	1.31	1.17	÷ 0.14
CaO	5.28	4.52	1.60	2.51	2.60	+ 0.09
Na ₂ O	6.75	5.72	10.74	9.28	8.89	÷ 0.39
K ₂ O	2.85	4.37	5.48	5.07	5.31	+ 0.24
H ₂ O (Glühv. ÷ CO ₂)	0.83	1.93	0.96	1.20	0.70	÷ 0.50
P ₂ O ₅	0.58	1.08	Spur	0.37	0.67	+ 0.30
CO ₂	1.20	0.60	—			
	100.46	99.97	100.05			

Wie man sieht, sind nur für die Gehalte von SiO₂ und Al₂O₃ grössere Unterschiede vorhanden; es muss aber hier bemerkt werden, dass der SiO₂-Gehalt des Mittels ziemlich genau mit dem typischen Laurdalit N. von Löve stimmt, bei welchem derselbe 54.55 % ist; ebenso muss bemerkt werden, dass der Al₂O₃-Gehalt bei dem Laurdalit von Lunde wahrscheinlich ca. 20.84 % ist. Das berechnete Mittel entspricht somit unzweifelhaft einer Laurdalitmischung.

Es ist nun zwar auch möglich, dass ausser den genannten complementären Gängen von Brathagen in der That auch andere im Walde in der Nähe des grossen Foyaitganges verborgen sein können, z. B. Gänge von Bostonit oder Lestiwarit, welche dann auch hätten berücksichtigt werden müssen; da solche aber nicht beobachtet sind, dürfte vorläufig die Annahme berechtigt sein, dass der Foyait, die Natronminette und der Heumit von Brathagen zusammen einen complementären Gangcomplex darstellen.

Gänge von Heum.

Für die eben angedeutete Möglichkeit, dass neben dem Foyait und basischen Gesteinen, wie Heumit, auch saure, wie Lestiwarit, einen

complementären Gangcomplex bilden können, liefern die Gänge von Heum ein gutes Beispiel.

Bei Heum (zwischen der Pferdestation Gjona und dem Lyseböfjord) kommen in der Nähe von einander vor: 1) der oben beschriebene Gang von *Foyait*, 2) der ebenfalls oben beschriebene Gang des typischen *Heumits*, endlich 3) ein Gang von weissem, sehr eisenarmem *Lestiwarit*. Die beiden ersteren sind analysirt; das letzterwähnte Gestein ist zwar nicht analysirt, muss aber fast genau dieselbe Zusammensetzung wie der analysirte Lestiwarit von Kvelle besitzen, so dass die Analyse des letzteren ohne nennenswerthen Fehler substituiert werden kann.

Es zeigt sich nun zuerst offenbar, dass der Heumit und der Lestiwarit nicht *allein* ein mit dem Laurdalitmagma des Hauptgesteins übereinstimmendes Magma liefern können; der Al_2O_3 -Gehalt, sowie der Alkaligehalt würde bei jeder Mischung dieser beiden Gesteine *allein* zu niedrig werden. Da es nun kaum zweifelhaft sein dürfte, dass der Heumit und der Lestiwarit wirklich gleichzeitige Spaltungsprodukte des Laurdalitmagmas sind, muss also zugleich wenigstens ein drittes Magma bei ihrer Abspaltung gebildet sein. Es liegt dann sehr nahe an den mächtigen Foyaitgang bei Heum zu denken. Was nun die Mächtigkeit der drei Ganggesteine betrifft, so ist der Foyait entschieden der mächtigste, viele Male mächtiger als die anderen. Von diesen ist an der aufgeschlossenen Stelle der Lestiwaritgang zwar ziemlich mächtig, mehrere Meter, lässt sich aber nicht weiter verfolgen, so dass seine Masse wahrscheinlich doch gering ist, was auch mit der Erfahrung von den übrigen Lestiwaritgängen stimmt. Der Heumitgang ist ca. $2\frac{1}{2}$ Meter mächtig.

Es lässt sich nun eine mit dem Laurdalitmagma ziemlich übereinstimmende Mischung aus 5 Theilen Foyait, 3 Theilen Heumit und 1 Theil Lestiwarit berechnen; auch bei diesen Proportionen wird zwar dem Foyait, nach der beobachteten Mächtigkeit zu urtheilen, eine zu geringe Rolle zugetheilt, was aber, wie schon oben erwähnt, doch keine grössere Bedeutung haben kann.

Die Übereinstimmung der berechneten Durchschnittsmischung der drei complementären Gänge mit der typischen Laurdalitzusammensetzung ist, wie man sieht, ziemlich gut; nur für den SiO_2 -Gehalt ist der Unterschied auffallend grösser, was aber vielleicht dadurch erklärt werden könnte, dass die Analyse des Foyaits vielleicht einen etwas zu hohen SiO_2 -Gehalt gegeben hat. Auch muss daran erinnert werden, dass die Laurdalite selbst SiO_2 -Gehalte bis 56.35 erwiesen. Es scheint deshalb durchaus berechtigt, diese Übereinstimmung so zu deuten, dass die drei genannten Ganggesteinsmischungen in der That ungefähr in den der

Berechnung zu Grunde gelegten Proportionen als gleichzeitig gebildete complementäre Magmen aus dem Laurdalitmagma abgespaltet sind.

	<i>Heumit;</i> Heum.	<i>Foyait;</i> Heum.	<i>Lesti-</i> <i>warit;</i> (Kvelle).	<i>Mittel von</i> 5 Th. Foyait. 3 « Heumit. 1 « Lestiwarit.	<i>Laurdalit;</i> N. von Löve.	Differenz.
SiO ₂ . .	47.10	58.61	66.50	55.65	54.55	÷ 1.10
TiO ₂ . .	1.75	1.10	0.70	1.27	1.40	+ 0.13
Al ₂ O ₃ . .	16.42	21.12	16.25	19.01	19.07	+ 0.06
Fe ₂ O ₃ . .	4.63	2.62	2.04	3.22	2.41 } Entspr. 5.92 } Fe ₂ O ₃	÷ 0.68
FeO . .	7.04	1.14	0.19	3.00		
MnO . .	0.36	—	0.20	0.19	0.17	÷ 0.02
MgO . .	5.00	0.79	0.18	2.12	1.98	÷ 0.14
CaO . .	7.64	0.62	0.85	2.99	3.15	+ 0.16
Na ₂ O . .	6.36	7.85	7.52	7.32	7.67	+ 0.35
K ₂ O . .	3.47	5.93	5.53	5.06	4.84	÷ 0.22
H ₂ O . .	0.40	1.01	0.50	0.75	0.72	÷ 0.03
P ₂ O ₅ . .	0.48	Spur	Spur	ca. 0.30	0.74	+ 0.44
	100.65	100.79	100.46	100.90	99.82	

Gänge in der Nähe von Asbjörnsröd, Hedrum etc.

Auch an manchen anderen Stellen sind die grossen Foyaitgänge theils von Natronminetten und verwandten Gesteinen, theils von Lestiwariten oder Bostoniten begleitet; es liegen aber von diesen Lokalitäten zu wenige Analysen vor, um eine Berechnung der complementären Glieder zum Vergleich mit dem Laurdalit durchführen zu können. So kommt bei Hagtvet mit dem grossen Gang von Natronminetten Foyait zusammen vor; ebenfalls finden sich bei Tutvet in Hedrum an dem grossen Foyait (und Hedrumit-) Vorkommen theils mächtige Gänge von Bostonit, theils ein nicht näher untersuchter grosser Gang eines dunklen Gesteins. In dem Foyait nördlich von Kvelle Kirche findet sich der analysirte Lestiwarit; ob hier auch dunkle Gänge auftreten, ist unbekannt, doch nicht ausgeschlossen, da die Foyaitmasse zum Theil von Wald bedeckt ist.

Zwischen Åsildsröd und Asbjörnsröd in Hedrum findet sich in Verbindung mit einem hier auftretenden Foyaitgang erstens der früher beschriebene Gang von Ægirintinguait und zweitens in unmittelbarer Nähe desselben der oben erwähnte Gang von Natronminette.

Somit ist diese Begleitung der Foyaitgänge durch einerseits dunkle *basische*, an CaO, MgO und Fe-Oxyden relativ reiche Ganggesteine, wie Natronminetten und Heumite, andererseits durch helle *saurere*, an dunklen Mineralien ganz arme Ganggesteine, wie Lestiwarite und Bostonite, *ein ganz allgemeines Verhältniss* in dem Ganggefolge des Laurdalits.

Es scheint nach den obigen Zusammenstellungen eine ganz allgemeine Erfahrung zu sein, dass *Gruppen von Ganggesteinen*, welche beisammen in der Nachbarschaft von einander auftreten, sich als complementäre Gänge verhalten. Es ist diese Erfahrung dieselbe, welche schon vor mehreren Jahren aus dem Studium der Camptonite und Bostonite (Mænaite) von Gran hervorging.

Als reine Zufälligkeit kann dies keineswegs seltene Verhältniss nicht wohl angesehen werden; es muss unzweifelhaft als eine Stütze für die Annahme einer nahen genetischen Verwandtschaft der Gangmagmen mit demjenigen Hauptmagma, zu welchem sie sich gruppenweise ergänzen, angesehen werden, und bezeugt jedenfalls die gesetzmässigen chemischen Beziehungen der Eruptivgesteine überhaupt.

Wenn man aber erst diese Verhältnisse als gesetzmässig und nicht als zufällig betrachtet, scheint zur Zeit für diese und analoge Thatsachen kaum eine andere Erklärung möglich, als dass in jeder dieser complementären Ganggruppen die einzelnen Gangmagmen durch Differenziation aus dem Magma des Hauptgesteins abgespaltet sind; diese Abspaltung muss dann wahrscheinlich in grösserer Tiefe stattgefunden haben als das Niveau des erstarrten Hauptgesteins, und die Eruptionen der Gangmagmen sind für jede Ganggruppe als besondere Nachschübe aufzufassen, welche zu verschiedenen Zeiten *nach* dem Erstarren des Hauptgesteins erfolgt sind; denn die Gänge setzen auf Spalten im Hauptgestein und seiner nächsten Umgebung auf.

In den oben dargelegten speciellen Beispielen setzen einerseits die basischen mit CaO, MgO und Fe-Oxyden und andererseits die saureren mit SiO₂ angereicherten Gänge grösstentheils auf Spalten *in den mit ihnen complementären Foyait-Gängen selbst* auf. Es liegt dann sehr nahe, dieses allgemeine Verhältniss so zu deuten, dass die verschiedenen Foyaitmischungen eben dadurch aus Laurdalitmagma entstanden sind, dass dieses beim Abspalten von CaO-, MgO- und Fe-Oxyd-Verbindungen nach einer Seite und von sauren Alkali-Thonerde-Silikaten nach der anderen Seite seine Zusammensetzung geändert hat.

Bei den Nachschüben ist dann in den Spalten gewöhnlich zuerst das geänderte Hauptmagma (das Magma der Foyaitgänge) aufgepresst,

und oft erst *nach* dem Erstarren dieses Magmas die extremen Spaltungsprodukte der dunklen basischen und der hellen sauren complementären Gänge eines jeden Gangcomplexes nachgeschoben, was also dadurch bewiesen wird, dass sie Gänge in den schon erstarrten Foyaiten bilden. Der oben genau beschriebene Heumitgang von Brathagen mit seiner eigenthümlichen Grenzzone scheint es aber recht wahrscheinlich zu machen, dass diese Nachschübe der complementären Magmen bisweilen sehr bald nach dem Aufpressen des Foyaitmagmas folgten (siehe oben P. 120—125).

Wenn das oben nachgewiesene thatsächliche Zusammenvorkommen an vielen einzelnen Lokalitäten von Foyaiten mit einerseits basischen dunklen Natronminetten, Heumiten etc. und andererseits sauren hellen Lestivariten, Bostoniten etc. durch die Annahme erklärt werden darf, dass diese lokalen Gangcomplexe an jeder Stelle complementäre aus dem Hauptmagma durch Differentiation entstandene Ganggruppen darstellen, dann liefert diese ganze Beobachtungsreihe wichtige Erläuterungen für das Verständniss der Differentiation selbst.

Zuerst soll als eine bedeutsame Schlussfolgerung hervorgehoben werden, *dass also ein und dasselbe* (jedenfalls im Wesentlichen gleichartige) *Magma* aller Wahrscheinlichkeit nach bei der Differentiation *verschiedene complementäre Theilmagmen liefern konnte*. Wie unten näher erwähnt werden soll, dürfte dieses Verhältniss unter im Übrigen gleichen Umständen wohl in erster Linie auf die *zeitliche Dauer der Differentiationsprocesse* zu beziehen sein.

Es ist dies Resultat selbst an und für sich nicht eigentlich neu; es stimmt namentlich im Wesentlichen überein mit den früher von *Iddings* gezogenen Schlüssen über den Verlauf des Differentiationsprocesses besonders nach seinen Beobachtungen über die Reihenfolge der Eruptionen in Electric Peak und Sepulcre Mountain. Die hier vorgelegte Beobachtungsreihe führt aber auf anderen Wegen durch das Studium der muthmaasslich complementären Gangmagmen auf dieselben Schlussfolgerungen, welche *Iddings* namentlich auf die Reihenfolge der Ergussgesteine basiren konnte.

Die Thatsache selbst — im vorliegenden Falle, dass der Laurdalit von Ganggruppen, deren einzelne Glieder verschiedene chemische Zusammensetzung haben, begleitet ist — lässt sich nicht bestreiten; es ist auch offenbar, dass intime genetische Beziehungen zwischen den einzelnen Gliedern jeder Ganggruppe unter sich und zwischen den verschiedenen Ganggruppen mit dem Hauptgestein vorhanden sein müssen. Ich habe nachgewiesen, dass sich verschiedene der Ganggruppen als zur Mischung

des Hauptgesteins sich ergänzende complementäre Complexe auffassen lassen. Mit alledem ist nun zwar nicht sicher bewiesen, dass diese Verhältnisse auf Spaltungsprocesse des Hauptmagmas bezogen werden müssen; sicher bewiesen gewiss nicht, aber ich meine, in hohem Grade wahrscheinlich gemacht, — jedenfalls so lange keine bessere Erklärung vorliegt.

Dass es sich hier um chemische Änderungen magmatischer Mischungen handeln muss, kann wohl schon als sicher angesehen werden, ebenso dass diese Änderungen nicht von zufälliger Art (Assimilationshypothese), sondern gesetzmässig gewesen sein müssen.

Es scheinen sich dann die vorliegenden Thatsachen gegenwärtig am einfachsten durch Spaltungsprocesse des Magmas zu erklären, und es muss erlaubt sein, diese Hypothese aufrecht zu halten, auch wenn es bis jetzt nicht gelungen ist, dieselbe experimentell zu beweisen.

Dass dies bis jetzt nicht gelungen ist, beweist nämlich gewiss nicht, dass magmatische Spaltungen überhaupt physikalisch undenkbar sind (*Becker, Michel-Lévy*); es hat sich den Geologen schon öfters bewährt, dass die Natur selbst bessere und sicherere Erläuterungen giebt als kleine Laboratoriumsexperimente. Wenn deshalb z. B. *Michel-Lévy* zu einem derartigen detaillirten Studium der reich gegliederten Ganggefölschaften einer ganzen Anzahl verschiedener Tiefengesteine Gelegenheit gehabt hätte, wie es das Christianiagebiet erlaubt, so würde er kaum an den Anhängern der Differentiationshypothese ein «tiran au jugé et procéder grosso-modo» getadelt haben.¹ Ich für mein Theil, der ich mit *Rosenbusch*² immer der Ansicht gewesen bin, dass «es dem Geologen ziemt die Lösung der Räthsel seiner Wissenschaft auf deren eigenem Boden zu suchen», werde diesen Tadel ganz ruhig nehmen und hoffe innig, es werde mir noch einige helle Sommer vergönnt sein, aus der reichen Belehrung der Natur selbst in der alten schlichten Weise zu schöpfen und dann nachher ihre eigene Sprache getreu wiederzugeben. Es ist wahr, die kräftige Sprache, welche die gemischten Gänge, die Grenzfaciesbildungen und die Ganggefölschaften der Tiefengesteine sprechen, klingt gewiss ein bischen «grosso-modo», und ich fürchte, sie wird nie anders lauten; aber ich liebe diese Stimme, so wie sie ist, und habe immer gefunden, dass sie die Wahrheit spricht, auch oft, wenn die Bücher ganz anders sprachen.

¹ Bull. d. l. soc. géol. de France (3) T. 24, P. 139 (1896).

² Die chem. Bez. d. Eruptivgest.; l. c. P. 157.

Näherer Vergleich der chemischen Zusammensetzung des Laurdalits und seiner Ganggefolgschaft.

Indem wir im Folgenden von der Annahme ausgehen, dass sämtliche oben beschriebenen Ganggesteine, welche den Laurdalit begleiten, als Differentiationsprodukte des Laurdalitmagmas aufgefasst werden müssen, wollen wir jetzt versuchen, aus den analytischen Daten näher zu erforschen, wie sich die einzelnen Theilmagmen von der Zusammensetzung des Hauptgesteins unterscheiden und dann namentlich, *ob* bestimmte Beziehungen zwischen den einzelnen Bestandtheilen im Hauptgestein bei den Theilmagmen wiederkehren und vorkommenden Falls in welcher Weise.

Zum näheren Vergleich sind zuerst die Quotientenzahlen der einzelnen Bestandtheile nach den Analysen in beifolgender Tabelle zusammengestellt.

Was zuerst den SiO_2 -Gehalt betrifft, so variirt derselbe innerhalb recht weiter Grenzen, zwischen ca. 44 % und ca. 66½ %. Es verdient jedoch bemerkt zu werden, *dass ich bis jetzt nur ganz wenige Ganggesteine als Begleiter des Laurdalits beobachtet habe, welche so viel SiO_2 enthalten, dass freie SiO_2 auskrystallisiren musste* (ein geringer Gehalt von Quarz findet sich in einigen Sölvsbergiten und Lestiwariten); *auch in den sauersten Gangbegleitern, den Lestiwariten, ist Quarz gewöhnlich gar nicht, nur in ein Paar Beispielen in geringer Menge vorhanden.*

Von den übrigen Säuren ist, wie zu erwarten wäre, die *Titan-säure* bei den basischen Gliedern der Ganggefolgschaft angereichert (wie auch CaO , MgO und Fe-Oxyde). Auch der Gehalt an P_2O_5 dürfte bei den basischen Gliedern etwas angereichert sein.

Was die *Basen* betrifft, so ist zuerst das Verhältniss der *Alkalien* zu bemerken. Die Procentgehalte der Alkalien schwanken innerhalb sehr

<i>Detroit;</i> Bratholmen.		<i>Egiringlimmer-</i> <i>sölvbergit;</i> Kjose-Åklungen; Farris.	
0.9408		0.9817	
0.0083		0.0050	
0.2154		0.1727	
0.0106		0.0246	
0.0236		0.0346	
—	0.0533	0.0077	0.0548
0.0297		0.0135	
0.0396		0.0187	
0.1189		0.1192	
0.0624	0.1803	0.0595	0.1787
0.0020		—	

² Doch sehr häufig in Nephelinsyenitgebieten; so z. B. in den Crazy Mountains (siehe U. S. geol. Bull. No. 148, P. 145); umgekehrt in den Bearpaw Mountains K_2O vorherrschend über Na_2O (ib. P. 156 ff.) etc.

³ Min. & petr. Mitth. B. XVI, P. 307 etc.

Was die *Basen* betrifft, so ist zuerst das Verhältniss der *Alkalien* zu bemerken. Die Procentgehalte der Alkalien schwanken innerhalb sehr weiter Grenzen zwischen zusammen kaum 4 % und mehr als 16 %, entsprechend den Quotientzahlen 0.0524 (Camptonit, Kjöse-Åklungen) und 0.2315 (Foyait, Brathagen). Der Alkaligehalt ist zwar bei den am meisten basischen Gliedern wesentlich geringer als im Laurdalit, erreicht aber umgekehrt den grössten Werth nicht bei den sauersten Gliedern, sondern *bei einem Glied, welches wesentlich basischer ist als das Hauptgestein* (nämlich bei dem Nephelinporphyr vom Lougenthal). *Eine ganz bestimmte Beziehung zwischen dem SiO₂-Gehalt und dem Alkaligehalt ist somit nicht wahrzunehmen.*¹

Dagegen ist es eine bemerkenswerthe Thatsache, dass die Variation im Ganzen für das K₂O geringer ist als für das Na₂O, und *dass das K₂O durch die ganze Ganggefolgschaft des Laurdalits sich dem Na₂O bedeutend untergeordnet verhält*. Dies ist ein Verhältniss, welches, — so viel ich bis jetzt weiss, — wenn von den jüngsten Granititen und ihren Aequivalenten abgesehen wird, bei sämmtlichen Eruptivgesteinen des Kristianiagebietes konstant ist. Es ist nicht immer der Fall² in anderen Nephelinsyenitgebieten; so z. B. nicht bei der Ganggefolgschaft des Nephelinsyenites von Picota, Serra Monchique, Portugal, wo nach K. v. Kraatz-Koschla und V. Hackmann³ ein Leucitvitrophyr mit 11.00 K₂O und nur 4.41 Na₂O als Gangbegleiter auftritt, wobei jedoch zu bemerken ist, dass auch bei dem Hauptgestein der Picota der K₂O-Gehalt (5.46 resp. 7.02 % in zwei Analysen) relativ höher ist im Vergleich mit dem Na₂O-Gehalt (7.58 resp. 8.61 in zwei Analysen), als bei dem Laurdalit.

Nach Quotientzahlen gerechnet verhält sich das K₂O zum Na₂O in den Gesteinen der Ganggefolgschaft des Laurdalits wie:

	K ₂ O : Na ₂ O
Camptonit, Kjöse-Åklungen	1 : 1.89 oder 1 : 2
Farrisit, — —	1 : 4.15
Bronzitkersantit, Hovland	1 : 3.52
Heumit, Heum	1 : 2.78

¹ Innerhalb der Grorudit-Tinguait-Serie beobachtete ich, wie früher beschrieben, eine Steigung des Na₂O-Gehaltes (bei ungefähr gleich bleibendem K₂O-Gehalt) mit Abnahme des SiO₂-Gehaltes. Siehe l. c. P. 169 ff.

² Doch sehr häufig in Nephelinsyenitgebieten; so z. B. in den Crazy Mountains (siehe U. S. geol. Bull. No. 148, P. 145); umgekehrt in den Bearpaw Mountains K₂O vorherrschend über Na₂O (ib. P. 156 ff.) etc.

³ Min. & petr. Mitth. B. XVI, P. 307 etc.

	$K_2O : Na_2O$
Natronminette, Håö	1 : 1.85
— , Brathagen	1 : 1.99 oder 1 : 2
Nephelinrhombenporphyr, Vasvik	1 : 2.52
Nephelinporphyr, Lougenthal	1 : 3.92 « 1 : 4
Ditroit, Bratholmen	1 : 1.90 « 1 : 2
Aegirringlimmersölvbergit Kjöse-Åklungen	1 : 2.00 « 1 : 2
Katophoritsölvbergit, Lougenthal	1 : 2.06 « 1 : 2
Aegirintingwait, Hedrum	1 : 2.28
Hedrumit, Sundet, Hedrum	1 : 2.11 « 1 : 2
Foyait, Brathagen	1 : 2.97 « 1 : 3
Foyait, Heum	1 : 2.00 « 1 : 2
Lestiwarit, Kvelle	1 : 2.06 « 1 : 2
Bostonit, Tutvet	1 : 1.85
Laurdalit, N. von Löve	1 : 2.40

Bei ungefähr $\frac{2}{3}$ der Gänge ist also das Verhältniss von $K_2O : Na_2O$ sehr nahe ein stöchiometrisches 1 : 2 oder 1 : 3 oder 1 : 4; in zwei Fällen fast genau 1 : $2\frac{1}{2}$ und 1 : $3\frac{1}{2}$; nur in vier Fällen ist keine derartige regelmässige Proportion nachweisbar, nämlich bei dem Heumit und bei der Natronminette von Håö, sowie bei dem Bostonit und dem Tinguait von Hedrum. Bei diesem letzteren ist zu bemerken, dass bei dem Grenzgestein, wie früher erwähnt, das Verhältniss $K_2O : Na_2O$ genau = 1 : 3 ist; da Gangmitte und Ganggrenze ganz allmählich in einander übergehen, ist es wohl möglich, dass bei der eigentlichen Gangmitte das Verhältniss = 1 : 2.00 ist.¹

Ich habe schon früher darauf aufmerksam gemacht,² dass bei Gesteinen der Nephelinsyenitfamilie (Nephelinsyeniten, Tinguaiten und Sölvbergiten, Phonoliten etc.) eine regelmässige Proportion zwischen K_2O und Na_2O auffallend häufig ist, eine Erfahrung, welche also hier wieder bestätigt wird, ohne dass dafür eine befriedigende Erklärung gegeben werden kann. Man wird erinnert an das Verhältniss von K_2O zu Na_2O im Nephelin; die Analysen zeigen, dass dasselbe kein unveränderliches stöchiometrisches ist, indem dasselbe in den vorliegenden Analysen (in *Hintze's* Handbuch d. Min. werden 40 Analysen angeführt) innerhalb weiter Grenzen schwankt; dennoch ist es in der Mehrzahl der Analysen sehr nahe an 1 : 5. Auch kann daran erinnert werden, dass

¹ Der Hedrumit von Skirstad ist als nicht selbst zur Gefolgschaft des Laurdalits gehörend nicht berücksichtigt.

² Eruptivgest. d. Kristianiageb. I, P. 165—169.

obwohl die Mikroperthite und Kryptoperthite (Natronorthoklase) theoretisch alle Mischungen von $K_2Al_2Si_6O_{16}$ und $Na_2Al_2Si_6O_{16}$ sollten enthalten können, doch diese Feldspäthe an den Gängen der Augit- und Nephelinsyenite zwischen Laurvik und Langesund¹ ganz vorherrschend eine Mischung ungefähr gleich 2 Or : 3 Ab zeigen. Ähnliche Verhältnisse, wie die, welche diese ziemlich regelmässigen Proportionen von $K_2O : Na_2O$ in den Mineralien Nephelin und Natronorthoklas verursachten, dürften sich vielleicht auch bei der Differentiation der nephelinsyenitischen Spaltungsmagmen geltend gemacht haben. Die beobachtete Regelmässigkeit in der Proportion $K_2O : Na_2O$ bei den genannten Gesteinen als eine Zufälligkeit anzusehen, dürfte wohl kaum berechtigt sein. Sicher ist, dass sie innerhalb anderer Gesteinsgruppen nicht auftritt; so ist in 27 von *Iddings* angeführten Analysen von Electric Peak und Sepulcre Mountain bei 16 kein einfaches Verhältniss zwischen K_2O und Na_2O vorhanden.

Bei 3 Gesteinen verhielt sich $K_2O : Na_2O$ sehr nahe = 1 : 1¹/₂ oder = 2 : 3

« 1	«	—	«	«	—	= 1 : 2	«	= 2 : 4
« 5	«	—	«	«	—	= 1 : 2 ¹ / ₂	«	= 2 : 5
« 2	«	—	«	«	—	= 1 : 3	«	= 2 : 6

Sum 11

Hier ist die Anzahl der Glieder mit einfachen Proportionen so gering im Vergleich mit denjenigen, wo keine solchen nachweisbar waren, dass von einem regelmässigen Verhältniss nicht die Rede sein kann.

Es verdient in dieser Beziehung endlich auch bemerkt zu werden, dass bei den engeren Ganggruppen der Gefolgschaft des Laurdalits, deren Glieder gleichzeitig in der Nähe von einander auftreten und als complementäre Gänge sich verhalten, ein bestimmtes Verhältniss $K_2O : Na_2O$ auch nicht bei den einzelnen Gliedern vorhanden ist (so bei den Gängen von Brathagen = 1 : 2 und 1 : 3).

Die *Thonerde* folgt den Alkalien, ausser bei den extremen alkaliarmen, kalkreichen Gliedern. Das Verhältniss (nach Quotientzahlen berechnet) zwischen den Alkalien und der Thonerde ist:

¹ Siehe Zeitschr. f. Kryst. B. XVI, II P. 529.

	$\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O} : \text{Al}_2\text{O}_3$
Camptonit, Kjöse-Åklungen	1 : 2.38
Bronzitkersantit, Hovland	1 : 2.67
Farrisit, Kjöse-Åklungen	1 : 1.27
Heumit, Heum	1 : 1.15
Natronminette, Håö	1 : 1.08
— , Brathagen	1 : 1.24
Nephelinrhombenporphyr, Vasvik	1 : 1.11
Nephelinporphyr, Lougenthal	1 : 1.02
Aegirglimmersölvbergit, Kjöse-Åklungen	1 : 0.97
Katophoritsölvbergit, Lougenthal	1 : 0.93
Aegirintinguait, Hedrum	1 : 0.94
Foyait, Heum	1 : 1.09
— , Brathagen	1 : 0.95
Bostonit, Tutvet, Hedrum	1 : 1.14
Lestiwarit, N. von Kvelle	1 : 0.88
Laurdalit, N. von Löve	1 : 1.07

Bei den beiden ersten basischen plagioklasreichen Gliedern macht sich die Bindung der Thonerde zu CaO vorherrschend geltend, bei den letzten Gliedern, welche in der Regel Aegirin (oder Katophorit) führen, macht sich die Bindung der Alkalien zu Fe_2O_3 neben der Bindung zu Al_2O_3 geltend. Bei den mittleren Gliedern der Ganggruppe, welche sich dem Laurdalit selbst am meisten nähern, ist das Verhältniss $\text{R}_2\text{O} : \text{Al}_2\text{O}_3$, ungefähr wie bei diesem = 1 : 1, indem eine geringe Menge der Thonerde auch zu CaO (und MgO etc.) gebunden ist.

Die Tabelle zeigt einen ganz auffallenden Sprung zwischen dem Bronzitkersantit und dem Heumit, welche einander sonst chemisch in manchen Beziehungen so nahe stehen.

Da der Thonerdegehalt bei diesen beinahe gleich ist, ist diese bedeutende Differenz auf den grossen Unterschied im Alkaligehalt beider zu beziehen. Es scheint mir diese Unterbrechung der Reihe zwischen dem Heumit und dem Bronzitkersantit darauf zu deuten, dass hier mehrere Glieder fehlen, welche vielleicht zum Theil bei genaueren Felduntersuchungen gefunden werden dürften.

Die Thonerde zeigt ebenso wenig, wie die Alkalien, eine ganz bestimmte Relation zum SiO_2 -Gehalt.

In den beigefügten Tabellen sind die einzelnen Glieder der Ganggefolgschaft des Laurdalits nach dem *Gesamtgehalt* von CaO , MgO und *Fe-Oxyden* geordnet (wobei der unbedeutende Gehalt an MnO als

FeO gerechnet ist). Diese Ordnung fällt nicht zusammen mit einer Ordnung nach dem SiO_2 -Gehalt, auch nicht mit einer Ordnung nach dem Alkali (oder Al_2O_3)-Gehalt. *Dagegen entsprechen die genannten Basen, CaO, MgO und Fe-Oxyde einander gegenseitig ziemlich genau* bei dieser Ordnung, so dass hoher CaO-Gehalt entsprechend von hohem MgO-Gehalt begleitet ist und umgekehrt; die Fe-Oxyde folgen dieser Ordnung weniger genau, soweit es Fe_2O_3 betrifft, wogegen eine Ordnung nach dem Gesamtgehalt von RO-Oxyden, (CaO, MgO und FeO (resp. MnO)) genau der Ordnung nach dem Gesamtgehalt von CaO, MgO und beiden Fe-Oxyden (natürlich in beiden Fällen nach Quotientzahlen gerechnet) folgt. Ich habe die Ordnung einer solchen nach dem SiO_2 -Gehalt vorgezogen; aber auch bei dieser Ordnung bilden die einzelnen Glieder der Ganggefolgschaft *keine einzelne Reihe*, wie unten näher erwähnt werden soll. Die gegenseitigen Verhältnisse zwischen $\text{CaO}:(\text{Mg, Fe, Mn})\text{O}:\text{Fe}_2\text{O}_3:\text{Al}_2\text{O}_3:(\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O})$ und SiO_2 (nach Quotientzahlen gerechnet) ergeben sich aus folgender Tabelle:

$$\text{CaO}:(\text{Mg, Fe, Mn})\text{O}:\text{Fe}_2\text{O}_3:\text{Al}_2\text{O}_3:(\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}):\text{SiO}_2$$

Camptonit, Kjöse-

Äklungen . . . 1 : 1.23 : 0.17 : 0.60 : 0.25 : 3.57

Farrisit, Kjöse-Äkl. 1 : 1.62 : 0.14 : 0.98 : 0.77 : 4.74

Bronzitkersantit,

Hovland . . . 1 : 1.75 : 0.22 : 1.19 : 0.50 : 5.99

Heumit, Heum . . 1 : 1.67 : 0.26 : 1.18 : 1.02 : 5.90

Natronminette, Håö 1 : 1.57 : 0.23 : 1.35 : 1.24 : 8.17

— Brathagen 1 : 1.78 : 0.27 : 2.13 : 1.72 : 10.58

Nephelinrhomben-

porphyr, Vasvik 1 : 1.64 : 0.15 : 4.88 : 4.37 : 21.62

Nephelinporphyr,

Lougenthal . . . 1 : 1.83 : 0.39 : 6.19 : 6.02 : 21.57

Aegiringlimmersölv-

bergit, Kjöse-Äkl. 1 : 2.98 : 1.32 : 9.23 : 9.55 : 52.44

Kataphoritsölv-

git, Lougenthal . 1 : 3.12 : 1.24 : 9.47 : 10.10 : 61.83

Aegirintinguait,

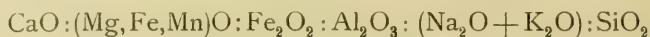
Hedrum 1 : 1.43 : 0.83 : 7.60 : 8.05 : 35.81

Foyait, Heum. . . 1 : 3.20 : 1.88 : 18.66 : 17.09 : 87.09

— , Brathagen : 1 : 1.02 : 0.23 : 7.69 : 8.09 : 32.52

Bostonit, Tutvet.

Hedrum 1 : 0.91 : 2.45 : 15.79 : 13.75 : 84.91



Lestiwarit, N. von

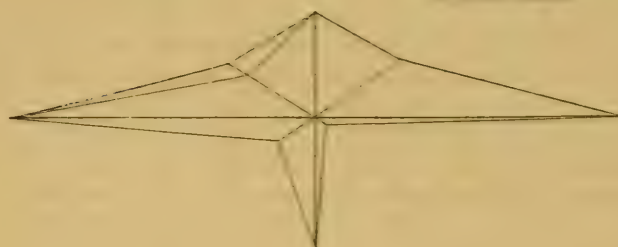
Kvelle 1 : 0.62 : 0.82 : 10.49 : 11.85 : 73.49

Laurdalit, N. von

Löve 1 : 1.76 : 0.27 : 3.32 : 3.11 : 16.46

Was diese Tabelle betrifft, so kann bemerkt werden, dass das Fe an zwei Stellen als FeO und als Fe_2O_3 aufgeführt ist; das ist geschehen mit Rücksicht auf die Rolle, welche das Fe_2O_3 als theilweise Al_2O_3 ersetzend, namentlich bei den saureren Gliedern spielt. Es wäre hier natürlich eigentlich noch übersichtlicher gewesen, die Proportionen der Elemente Ca, Mg, Fe, Al, Na, K, Si als solche zu berechnen, was aber als nicht im Wesentlichen zu abweichenden Resultaten führend unterlassen wurde, da auch die aus den Sauerstoffverbindungen berechneten Quotientzahlen eine genügende Vorstellung über ihre Verhältnisse geben.

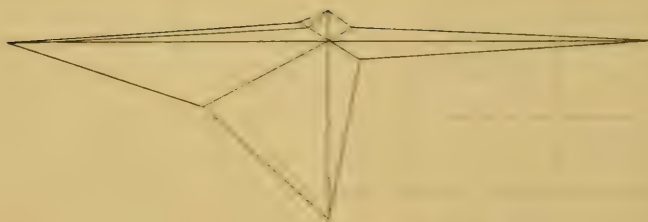
Bronzitkersantit



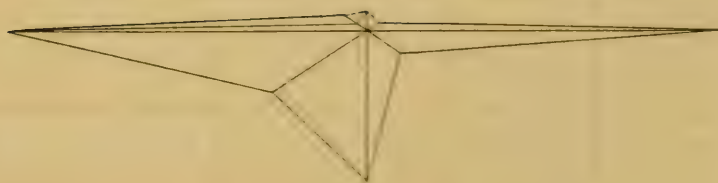
Natronmarquette, Bistrupåsen



Nephelinporphyr

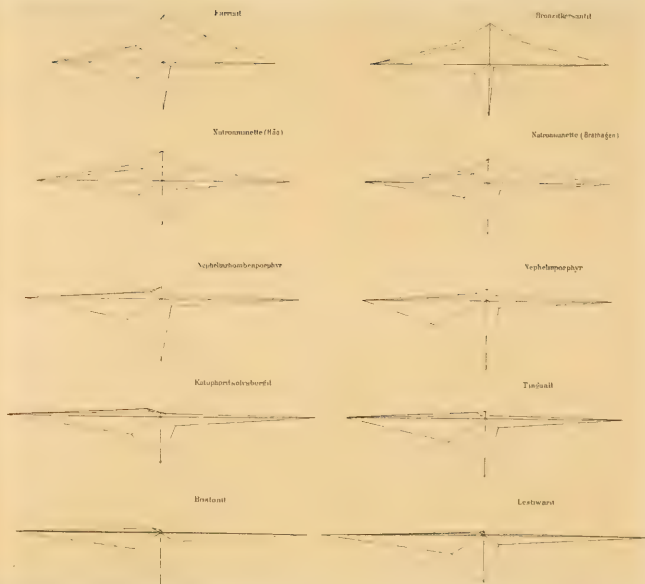


Tingvåg



Lestivarit





Graphische Darstellung der chemischen Zusammensetzung des Laurdalits und seiner Ganggefugschaft.

Zur Darstellung der Relationen zwischen den einzelnen Bestandtheilen bei den abgespalteten Gangmagmen im Vergleich mit dem Laurdalit selbst eignet sich am besten eine graphische Methode. Mehrere solche sind schon früher von anderen Verfassern versucht, zuerst von *Iddings*,¹ dann von *Becke*² und zuletzt neuerdings von *Michel-Lévy*.³ Von diesen Methoden ist nach meiner Ansicht diejenige von *Michel-Lévy* in so fern die vortheilhafteste, als durch dieselbe so zu sagen mit einem Blick ein charakteristisches Bild von der Gesteinszusammensetzung erhalten wird, während die beiden anderen Methoden obwohl auch für ihre Zwecke sehr nützlich, zu complicirt sind um dies zu gestatten. Auch die Methode von *Michel-Lévy* scheint mir aber etwas mehr complicirt zu sein als nöthig, indem z. B. der Gehalt an Thonerde nicht direkt abgelesen wird, ebenso die Eisenoxyde nicht getrennt angegeben sind; auch das verschiedene Verfahren je nachdem die Thonerde an Alkalien und CaO, an Alkalien allein, oder die Alkalien theilweise auch an Fe₂O₃ gebunden sind (wobei eine Theilung des CaO-Gehaltes, resp. bisweilen des Na₂O-Gehaltes geschieht), scheint mir theils weniger übersichtlich, theils auch nicht immer ganz berechtigt. Ich habe deshalb versucht mit Beibehaltung des erwähnten grossen Vortheiles der *Michel-Lévy*'schen Methode, *nach welcher man die Zusammensetzung des Gesteins aus einer charakteristischen Figur direkt mit einem Blick abzulesen vermag*, durch

¹ The origin of igneous rocks (1892).

² «Gesteine des Columbretes», Min. & petr. Mitth. B. XVI, (1897).

³ «Porphyr bleu de l'Esterel», Bull. d. serv. d. l. carte géol. d. l. France No. 57, Tome IX (1897).

ein etwas abweichendes Verfahren eine noch übersichtlichere graphische Darstellung der chemischen Charakteristik der Gesteine zu erreichen.

Ich ziehe einen Kreis, mit einem Radius von so vielen Millimetern als *die Hälfte* der Quotientzahl für die SiO_2 angiebt; ist z. B. der SiO_2 -Gehalt 44.22 %, ist die Quotientzahl 0.7370; der Radius des Kreises wird dann ca. 37 Millimeter. Der *horizontale Diameter* des Kreises (im genannten Beispiel ca. 74 mm.) giebt dann den graphischen Ausdruck für *den SiO_2 -Gehalt*. Auf dem *vertikalen Diameter* trage ich nach *oben*, vom Centrum aus als Nullpunkt, den *CaO-Gehalt* ab in so vielen Millimetern als der Quotientzahl für CaO entspricht (z. B. CaO-Gehalt 11.57 %, Quotientzahl 0.2066, entsprechend $20^{2/3}$ Millimeter); nach *unten* trage ich auf entsprechende Weise den Al_2O_3 -Gehalt ab. Dann werden vom Centrum aus *auf den Radien, welche mit der Richtung für CaO 120° bilden*, die den Quotientzahlen entsprechenden Längen für Na_2O *links*, und K_2O *rechts* abgetragen, ferner *auf den Radien, welche mit der Richtung für Al_2O_3 120° bilden*, die den Quotientzahlen entsprechenden Längen für FeO *links* und für MgO *rechts*. Endlich werden die Endpunkte der 8 Richtungen mit Linien verbunden; die so erhaltenen Felder oberhalb des den Gehalt an SiO_2 angegebenden Diameters können dann, wenn man so wünscht, mit einer Farbe oder Schraffirung, diejenigen unterhalb desselben Diameters mit einer anderen Farbe oder Schraffirung bezeichnet werden, was aber ziemlich überflüssig ist.

Anstatt durch eine freie Konstruktion kann diese graphische Darstellung, wie die *Michel-Lévy'schen* Figuren, natürlich auch auf gewöhnlichem Kreuzgitter-Papier mit Millimetertheilung ausgeführt werden.

Um auch das Fe_2O_3 zu berücksichtigen, kann dies *auf der Richtung für FeO ausserhalb des Endpunktes für FeO abgetragen werden*. TiO_2 und P_2O_5 können, wenn es von Interesse ist, als *horizontale Striche auf den Endpunkten der beiden Richtungen für SiO_2 abgetragen werden*.

Diese graphische Darstellung erlaubt, mit einem Blick mehrere wesentliche Eigenthümlichkeiten der Zusammensetzung abzulesen; erstens bekommt man sofort eine genaue Vorstellung von der *Acidität* oder *Basicität* des betreffenden Gesteins, indem eine in horizontaler Richtung langgestreckte Figur ohne weiteres ein saures, eine kurze Figur ein basisches Gestein angiebt; zweitens ist bei der Anordnung der verschiedenen Basen, MgO , CaO und Fe-Oxyde oben, Na_2O , Al_2O_3 und K_2O unten mit einem Blick abzulesen, ob das betreffende Gestein vorherrschend reich ist an Alkali-Thonerde-Silikaten oder an den dunklen Mg-Fe-Silikaten . Die Länge der Linie, welche den CaO -Gehalt angiebt,

verglichen mit der Länge der Linien, welche die Alkalien und die Thonerde angeben, giebt sofort schon beim ersten Blick (und natürlich ziemlich genau beim Messen mit einem Millimeterstab) eine Vorstellung davon, wie viel von dem CaO-Gehalt an Thonerde (in Plagioklas etc.) gebunden ist.

Ebenso verdient hervorgehoben zu werden, dass die Parallelität der Umgrenzungslinien bei mehreren in paralleler Orientirung auf derselben Tafel eingezeichneten Diagrammen sofort die gleiche Proportion zwischen den von den betreffenden Linien abgeschnittenen radialen Linien für $K_2O : Al_2O_3$, $Al_2O_3 : Na_2O$, $MgO : CaO$, $CaO : FeO$ oder Fe_2O_3 angiebt. Dieser Vortheil kann noch weiter ausgenutzt werden, wenn man die Eckpunkte für CaO, Na_2O und K_2O und ebenfalls die Eckpunkte für MgO, Al_2O_3 und FeO (oder Fe_2O_3) durch Linien verbindet. Da ausserdem die Längen der Radien für die verschiedenen Substanzen die Quotientzahlen mit ziemlich genügender Genauigkeit direkt geben, ist die Methode für vergleichende Studien sehr bequem.

Noch ein Vortheil der Methode kann hier angeführt werden, nämlich die Leichtigkeit, mit welcher aus dem Diagramm sich *die procentische Zusammensetzung* direkt durch Multiplikation der Anzahl der Millimeter für jede Substanz mit ihrem Molekulargewicht ableiten lässt. Ist z. B. die abgetragene Länge für SiO_2 genau 10 Centimeter, so entspricht dies $10 \times 60 = 60.0$ Procent SiO_2 im Gestein, eine Länge von 9 cm. entspricht 54 Procent etc. Eine Länge von 23.5 Millimeter für Al_2O_3 (Nephelinporphyr, Lougenthal) entspricht $23.5 \times 102 = 23.97$ oder ca. 24 Procent Al_2O_3 etc. etc. Bei einiger Übung liest man bald direkt aus den Diagrammen die procentische Zusammensetzung annäherungsweise ab.

Da die Figuren selbst besser als jede Erklärung zeigen, wie dadurch der Vergleich der verschiedenen chemischen Typen der Gesteine in hohem Grad erleichtert wird, genügt es auf die beigegefügte Tafel selbst hinzuweisen.

Gliederung der Ganggefölschaft des Laurdalits.

Die oben vorgelegten vergleichenden Studien über die chemische Zusammensetzung der einzelnen Glieder der Ganggefölschaft des Laurdalits ergeben, dass sie, als Spaltungsproducte des Laurdalitmagmas aufgefasst, nicht aus einem einzigen einheitlich verlaufenen Differentiationsprocess erklärt werden können. Die Betrachtung der Tabellen, sowie der Tafel der Diagramme, zeigt sofort, dass in dieser reich gegliederten Ganggefölschaft keineswegs *eine einzelne* Gesteinsreihe vorliegt; ein näheres Studium lehrt, dass auch nicht zwei Reihen alle Glieder umfassen, sondern dass, ausgehend vom Laurdalit selbst, in chemischer Beziehung wenigstens *drei verschiedene Ganggesteinsreihen* unterschieden werden können.

Stückweise bilden die untersuchten Gesteine offenbar einigermaassen nahe zusammengehörende Glieder einer Gesteinsreihe. Zuerst namentlich die drei Gesteinstypen des Farrisits, der Heumite und der beiden Natronminetten, die sich dadurch charakterisiren, dass der Gehalt an CaO, MgO und Fe-Oxyden nach dem basischen Ende hin zunimmt. Zwischen den am meisten basischen Gliedern dieser Reihe (namentlich zwischen dem Heumit) und dem Bronzitkersantit ist aber ein Sprung vorhanden, indem, wie man sofort aus den Diagrammen der Tafel sieht, die Gehalte an MgO, Fe-Oxyden und CaO in beiden fast gleich sind, während der Alkaligehalt im Heumit mehr als doppelt so gross ist, als im Bronzitkersantit.

Die drei Glieder: der Aegiringlimmersölvbergit von Kjöse-Åklungen, der Katophoritsölvbergit und der Lestiwarit besitzen alle drei ziemlich genau denselben Alkali-Thonerde-Gehalt und denselben CaO-Gehalt, dagegen bedeutend verschiedenen SiO₂-Gehalt, der mit abnehmendem Gehalt an Fe-Oxyden und MgO zunimmt. Der Alkaligehalt ist fast

genau derselbe, wie beim Laurdalit, der Al_2O_3 -Gehalt auch wenig verschieden, der CaO-MgO -Gehalt dagegen bedeutend niedriger. Sie bilden somit wieder chemisch ein Stück einer Gesteinsreihe.

Neben dieser Reihe haben wir eine dritte Reihe bestehend aus dem Nephelinporphyr des Lougenthales und dem Foyait von Brathagen (der Nephelinrhombenporphyr von Vasvik liegt etwas zur Seite), bei welchen, wenn man sie untereinander und mit dem Laurdalit vergleicht, der Gehalt an Fe-Oxyden, MgO und CaO , obwohl geringer als in diesem, verhältnissmässig weniger verschieden ist, während der Hauptunterschied in einem (namentlich nach dem basischen Ende hin) stark gesteigerten Gehalt an Alkalien und Thonerde liegt.

Bei einem *niedrigen* SiO_2 -Gehalt von 45 bis 51 Procent haben wir somit, verglichen mit der Mischung des (etwas saureren) typischen Laurdalits:

- a) Glieder mit *starker* Anreicherung von *Alkalien* (Na_2O) und *Thonerde* bei nur wenig geringerem Gehalt an CaO , MgO und FeO-Oxyden (Nephelinporphyr, Lougenthal).
- b) Glieder mit *mässiger* Anreicherung von *CaO*, *MgO* und *Fe-Oxyden* bei relativ unbedeutender Abnahme der Alkali-Thonerde-Gehalte (Natronminetten).
- c) Glieder mit *starker* Anreicherung von *CaO*, *MgO* und *Fe-Oxyden* bei relativ unbedeutender Abnahme der Alkalien (Heumit, Farrisit).
- d) Glieder mit *starker* Anreicherung von *CaO*, *MgO* und *Fe-Oxyden* bei *starker Abnahme des Alkaligehaltes* (Bronzitkersantit, Camptonit etc.).

Endlich haben wir bei höherem SiO_2 -Gehalt (58—66½ %) :

- e) Glieder mit geringem Unterschiede in den Alkali-Thonerde-Gehalten, mit sehr starker Abnahme der Gehalte an MgO , FeO-Oxyden und CaO , sowie mit starker Zunahme des SiO_2 -Gehaltes (Lestivarite, etc.).

Wir sehen somit, dass ausgehend von dem typischen Laurdalit-magma¹ bei der Differentiation desselben hauptsächlich abgespalten sind:

theils mehrere Reihen von *basischeren* Gliedern, entweder 1) mit vorherrschender Anreicherung der die dunklen Mineralien zusammensetzenden Basen CaO , MgO , Fe-Oxyde , oder 2) mit Anreicherung der Basen des Nephelins und Sodaliths, Na_2O und Al_2O_3 . *theils* auch 3) eine Reihe von *saureren* Gliedern (mit Zunahme der SiO_2 , bei Abnahme der die dunklen Mineralien zusammensetzenden Basen).

¹ Es muss hier jedoch wie oben bemerkt werden, dass einige der Glieder der Ganggefolgschaft vielleicht aus schon differenzirtem Laurdalit-magma oder aus Laurdalit-magmen, welche schon eine andere als die typische Mischung besaßen, abgespalten sind.

Da von den verschiedenen Reihen (mit verschiedenen etwas abweichend zusammengesetzten Parallelgliedern) nur eine relativ geringe Anzahl der theoretisch möglichen Mischungen bis jetzt bekannt ist, indem innerhalb der einzelnen Reihen Sprünge vorhanden sind, dürfte es wahrscheinlich sein, dass die nähere Untersuchung eine etwas grössere Anzahl der möglichen Glieder entdecken wird.

Es kann aber auf der anderen Seite gar nicht erwartet werden, dass alle theoretisch denkbaren Glieder der drei Reihen wirklich vorkommen oder je gebildet worden wären. Es dürfte nämlich nach den obigen Darlegungen wahrscheinlich sein, dass die verschiedenen von Zeit zu Zeit nachgeschobenen Reste des Laurdalitmagmas unter den verschiedenartigen Bedingungen, denen sie ausgesetzt wurden (in relativ tieferem Niveau unter relativ grösserem Druck und bei relativ höherer Temperatur, also langsamer, — oder umgekehrt in relativ höherem Niveau, unter relativ geringerem Druck und bei relativ niedrigerer Temperatur, also relativ schneller?) *sich in verschiedene Komplexe von complementären Gangmagmen spalten konnten*; bald lief dieser partielle Differentiationsprocess, wie wir oben gesehen haben, so ab, dass sich grössere Gegensätze bei den complementären Gliedern ausbildeten (an basischen (Mg, Fe)-Silikaten oder an basischen Alkali-Thonerde-Silikaten sehr reiche Glieder einerseits, mit sauren Alkali-Thonerde-Silikaten angereicherte Glieder andererseits), bald wurden die Gegensätze der Endglieder der Differentiation geringer (wobei sich wesentlich intermediäre complementäre Glieder bildeten). Diese Auffassung scheint in nicht geringem Grade dadurch bestätigt, dass es in mehreren Fällen möglich war, einige der lokal beisammen auftretenden Gangtypen als complementäre Mischungen aufzufassen, wie oben nachgewiesen.

Die in der Ganggefolgschaft des Laurdalits beobachteten Gangtypen, welche in der Tabelle P. 234 a zusammengestellt sind, lassen sich deshalb auflösen in mehrere kleinere Komplexe von complementären Mischungen, welche durch verschiedenartigen Verlauf der Spaltungsprocesse wahrscheinlich unabhängig von einander an verschiedenen Stellen und vielleicht nicht gleichzeitig aus Laurdalitmagma entstanden sind. *Zusammen bilden diese Komplexe einen complementären Gangcomplex von höherer Ordnung.*

Die Schlussfolgerung, dass ein und dasselbe Magma sich unter verschiedenen Umständen in *verschiedene* Komplexe von complementären Theilmagmen aufspalten konnte, habe ich auch schon früher aus den Beobachtungen über die basischen Gesteine von Gran ziehen können (Siehe auch oben P. 246). Dass umgekehrt Spaltungsprodukte von

identischer Zusammensetzung bei der Abspaltung von verschieden zusammengesetzten Muttermagmen entstehen können, werde ich an anderer Stelle nachweisen.

Zu Seite 261.

	Gesamtgehalt von $R_2O-Al_2O_3$ - Silikaten und $CaO-Al_2O_3$ -Sil.	Gesamt- gehalt von $MgO, FeO,$ CaO -Silikaten.	Gesamt- gehalt von akcessorischen Mineralien.	
Camptonit . .	$39\frac{1}{2}$	56	$4\frac{1}{2}$	} Melanokrate Ganggesteine.
Bronzitkersantit	$44\frac{1}{2}$	49	$6\frac{1}{2}$	
Farrisit . . .	35	63	2	
Heumit (Heum)	51	43	6	
Natronminette (I)	$51\frac{1}{2}$	43	$5\frac{1}{2}$	
— (I)	54	42	$3\frac{1}{2}$	} Hauptgestein.
Laurdalit . . .	$77\frac{2}{3}$	18	$4\frac{1}{3}$	
Nephelinrhomben	81	$17\frac{1}{3}$	$1\frac{2}{3}$	} Leukokrate Ganggesteine.
Hedrumit (Sund)	$80\frac{1}{2}$	16	2	
Hedrumit (Skir)	$76\frac{1}{2}$	22	$1\frac{1}{2}$	
Aegiringlimmers	$76\frac{1}{2}$	$22\frac{1}{2}$	1	
Katophoritsölvst	$81\frac{3}{3}$	$17\frac{1}{6}$	1	
Nephelinporphy	$83\frac{1}{2}$	13	$3\frac{1}{2}$	
Tinguait . . .	81	18	1	
Foyait (Brathag)	$91\frac{1}{4}$	$7\frac{1}{4}$	$1\frac{1}{2}$	
— (Heum)	85	$12\frac{1}{2}$	$2\frac{1}{2}$	
Bostonit . . .	92	(5)	1	
Lestiwarit . .	91	$7\frac{1}{2}$	$1\frac{1}{2}$	

¹ Derartige Gänge, welche unzweifelhaft mit der Laurdaliteruption selbst gleichaltrige Apophysengänge sein würden, sind bisher nicht beobachtet worden.

Mineralienzusammensetzung des Laurdalits und seiner Ganggefolgschaft

identischer Zusammensetzung bei der Abspaltung von verschiedenen zusammengesetzten Muttermagmen entstehen können, werde ich an anderer Stelle nachweisen.

Blicken wir jetzt zurück auf die gewonnenen Resultate, so lassen sich unsere Erfahrungen über die Spaltungsproducte des Laurdalitmagmas, welche in den den Laurdalit begleitenden Gängen vorliegen, in folgender Weise zusammenfassen.

Keine der analysirten Gangtypen sind vollständig ungespaltete, *aschiste* Gänge; ich möchte auch bezweifeln, dass Gänge, welche genau in ihrer chemischen Zusammensetzung mit dem Haupttypus des Laurdalits übereinstimmen, überhaupt nachweisbar sind.¹ Doch sind einige der Gänge des Lougenthales wahrscheinlich so wenig verschieden, dass sie als einigermaassen *aschiste* Gänge angesehen werden können. Unter den untersuchten analysirten Gängen weicht der Nephelinrhombenporphyr so wenig von der Laurdalitzusammensetzung ab, dass er als ein beinahe *aschistes* Gestein angesehen werden kann; (wie unten angeführt, kann er theoretisch als ein Additionsproduct von Laurdalitmagma und $R_2Al_2Si_4O_{12}$ aufgefasst werden).

Sämmtliche übrige analysirten Gangtypen repräsentiren aber offenbar mehr oder weniger ausgeprägt *diaschiste* Mischungen.

Diese *diaschisten* Gangtypen zeigen sich *im Vergleich mit dem Laurdalitmagma*, aus welchem sie muthmaasslich abgespaltet sind, wie oben angeführt, entweder angereichert mit Silikaten von CaO, MgO und Fe-Oxyden oder mit basischen $Na_2O-Al_2O_3$ -Silikaten, oder sie sind ärmer an beiden und reicher an SiO_2 (angereichert mit Alkalifeldspath-silikaten).

In der Mineralienzusammensetzung treten diese Unterschiede der chemischen Zusammensetzung hervor in den procentischen Gehalten an *Pyroxen*-, *Hornblende*- und *Glimmer*-Mineralien (theilweise auch im Gehalt an den accessorischen Mineralien Magnetit, Titanit, Apatit), dann auch in dem procentischen Gehalt an *Nephelin* und *Sodalith*, endlich im Gehalt an *Feldspäthen*.

Die berechnete Mineralienzusammensetzung der analysirten Ganggesteine, verglichen mit derjenigen des Laurdalits (Haupttypus), geht aus folgender Tabelle hervor:

¹ Derartige Gänge, welche unzweifelhaft mit der Laurdaliteruption selbst gleichaltrige Apophysengänge sein würden, sind bisher nicht beobachtet worden.

Es liegt in der Natur der Sache, dass die in dieser Tabelle angegebenen Zahlen nicht absolut genau sein können. Sie sind aber auf der anderen Seite gewiss vollkommen genau genug, um eine befriedigende Grundlage für einen Vergleich der Zusammensetzung der verschiedenen Glieder der Ganggefolgschaft des Laurdalits zu gestatten; in bei weitem den meisten Fällen dürfte die Abweichung von der wahren Zusammensetzung gewiss auch nur ziemlich unbedeutend sein.

Es erhellt aus diesem Vergleich, dass wir offenbar — von der Zusammensetzung des Laurdalits ausgehend — zuerst *zwei grössere Gruppen* auseinanderhalten können, eine Hauptgruppe von *relativ basischen* Gesteinen, *angereichert mit Pyroxen-Hornblende- und Glimmer-Mineralien*, welche in vorliegendem Falle mehr als die Hälfte oder beinahe die Hälfte der betreffenden Gesteine (nach Gewichtsprocenten) ausmachen, und eine zweite Hauptgruppe von *theils basischen, theils relativ saureren* Gesteinen, welche durch starkes Vorherrschen der MgO-, FeO- und CaO-freien Mineralien, der *Alkali-Thonerde-Silikate* (Alkalifeldspäthe, Nephelin, Sodalith) charakterisirt ist.

Die *erste Hauptgruppe* enthält namentlich Camptonite, Farrisite, Kersantit-artige Gesteine, eigenthümliche natronreiche Minetten (Natronminetten), sowie eigenthümliche an Barkevikit reiche, zum Theil nephelinführende Gesteine, die Heumite (mit den Monchiquiten nahe verwandt) und Monchiquite, also Gesteine, welche von vielen Verfassern nach dem Vorgang von Rosenbusch als *lamprophyrische* Ganggesteine zusammengefasst sind.

So ausserordentlich bedeutungsvoll die Aufstellung der Gruppe der lamprophyrischen Gesteine gewesen ist, dürfte es dennoch wohl anerkannt werden, dass der Name «Lamprophyr» selbst sprachlich nicht besonders glücklich gewählt ist; er ist ursprünglich mit Anspielung auf den Glanz des Glimmers gebildet (*λαμπρός*, glänzend); erstens ist aber eine grosse Anzahl Lamprophyre nicht glimmerführend, und selbst wenn sie Glimmer führen, gewöhnlich gar nicht glänzende, sondern matte Gesteine; zweitens bedeutet *λαμπρός*, wenn auf Farbe angespielt wird, hell, ganz wie das lateinische *albus*, und giebt somit einen falschen Eindruck, da Lamprophyre ja relativ dunkel gefärbte Gesteine sind; drittens ist die Endung «phyr» im Lamprophyr ja auch ganz irreleitend, da die unter diesem Namen zusammengefassten Gesteine ja, wie bekannt, in der Regel eben gar nicht porphyrtig struirt sind. Obwohl der Name Lamprophyr, gegen welchen auch Zirkel¹ und Pirsson² sich ausgesprochen haben,

¹ F. Zirkel, Lehrb. d. Petrogr. 2. Aufl. B. II, P. 341 (1894).

² Amer. journ. of sc. B. 50, P. 117 (1895).

ziemlich allgemein eingebürgert ist, so dass es schwierig scheint, denselben mit einem bezeichnenderen zu vertauschen, will ich doch nicht unterlassen, eine neue Bezeichnung vorzuschlagen, namentlich um für die beiden grossen Hauptgruppen der diaschisten Ganggesteine eine entsprechende Nomenclatur durchführen zu können. Da das charakteristische für die erste, bisher als Lamprophyre bezeichnete Hauptgruppe derselben ein (relativ zu dem aus dem Muttermagma erstarrten Gestein) vorherrschender Gehalt an *dunklen* Mineralien ist, bezeichne ich diese Hauptgruppe als *melanokrate* hypabyssische Gesteine (aus μέλας dunkel gefärbt, und κρατέω herrschen, vorherrschen).

Die zweite Hauptgruppe der diaschisten Ganggesteine hat Rosenbusch neuerdings als *aplitische* Gesteine zusammengefasst; da dieselbe Bezeichnung auch in etwas engerem Sinne als eine Gruppenbezeichnung von ihm gebraucht wird, und schliesslich auch als bestimmter Species-Name (Aplite schlechthin = granitische Aplite) angewandt wird, ist es unzweifelhaft vortheilhaft, die Bezeichnung «aplitische Gesteine» in weitestem Sinne durch eine neue zu ersetzen, um so mehr, als dieselbe in dieser umfassenden Bedeutung bis jetzt noch nicht allgemein angenommen ist. Das hat auch L. V. Pirsson¹ ausgesprochen und hat dann vorgeschlagen, dieselbe mit der Bezeichnung «*Oxyphyre*» zu vertauschen. Dieser Name entspricht aber *nicht* der Rosenbusch'schen Bezeichnung «Aplite» (in weitestem Sinne), die Begriffe decken einander nicht. Pirsson hat mit seiner Bezeichnung «*Oxyphyre*» «the acid forms of the complementary rocks» zusammenfassen wollen und hat dann den Namen Oxyphyr als Parallele zu Lamprophyr gebildet. Nun ist aber die Sache die, dass die zweite Hauptgruppe der diaschisten Ganggesteine gar nicht ausschliesslich *saure* complementäre Glieder umfasst, sondern auch solche, *die relativ zum Muttermagma basischer sind*. Charakteristisch ist, wie schon Rosenbusch mit Recht hervorgehoben hat, der relative Reichthum «an den feldspathbildenden Kernen», das heisst an Kalk-Thonerde-Silikaten oder Alkali-Thonerde-Silikaten (Feldspäthen, *aber auch Nephelin, Sodalith* etc.); *diese Hauptgruppe umfasst deshalb eben sowohl intermediäre, ja sogar oft ganz basische, als saure Gesteine*; sie zerfällt chemisch in mehrere Untergruppen, von welchen nur eine als oxyphyre Gesteine bezeichnet werden könnte, und selbst diese nur unzutreffend, da eine porphyrische Ausbildung eben auch hier nur ganz ausnahmsweise vorkommt, nicht charakteristisch ist.

¹ L. c. P. 118.

Es ist deshalb, wenn man nicht die Bezeichnung «aplitische Gesteine» oder «Aplite» brauchen will, was ich mit *Pirsson* nicht für rathsam halte, nöthig, eine andere Bezeichnung als die von *Pirsson* vorgeschlagene einzuführen; ich schlage deshalb — nach Analogie mit dem oben für die Hauptgruppe der dunklen diaschisten Gesteine eingeführten Terminus — die Bezeichnung «*leukokrate*» hypabyssische Gesteine vor, indem dadurch das charakteristische Vorherrschen der *hellgefärbten* Mineralien in der Gesteinszusammensetzung im Namen Ausdruck finden soll.

Die grossen Hauptgruppen der *melanokraten* und der *leukokraten* Ganggesteine sind beide in sich selbst und auch durch diese Namen gut charakterisirt; sie ergänzen sich als grosse complementäre Gesteinsgruppen. Obwohl gut charakterisirt, sind sie doch kaum scharf getrennt, sondern wahrscheinlich durch Übergänge verbunden; sie zerfallen beide in mehrere Untergruppen, von welchen hier nur diejenigen berührt werden sollen, die zum diaschisten Gangfolge des Laurdalits gehören.

Die *melanokraten* Ganggesteine der Gefolgschaft des Laurdalits zerfallen nach ihrem chemischen Typus deutlich in zwei verschiedene Untergruppen:

Die *erste Untergruppe* (die *Camptonite*, der *Bronzitkersantit*) sind *calcioplete*¹ Gesteine, deren Feldspath ein *Plagioklas* ist; in diesen Gesteinen ist $\text{CaO} > \text{Na}_2\text{O} + \text{KO}_2$, in den vorliegenden Beispielen nach Quotientzahlen gerechnet $\text{CaO} = \text{ca. } 4 (\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O})$ (*Camptonit*) oder $= \text{ca. } 2 (\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O})$ (*Bronzitkersantit*).

Die *zweite Untergruppe* sind *alkaliplete* melanokrate Ganggesteine, deren Feldspath (vorherrschend) ein *Alkalifeldspath* ist; bei diesen Gesteinen (*Heumiten*, *Natronminetten*) ist $\text{R}_2\text{O} =$ oder $> \text{CaO}$, nämlich bei dem *Heumit* $\text{R}_2\text{O} = \text{CaO}$, bei den *Natronminetten* R_2O bis ungefähr $= 2 \text{ CaO}$. Der *Farrisit* bildet ein Übergangsglied zwischen den *calcioptelen* und den *alkaliptelen* melanokraten Ganggesteinen.

Die *leukokraten* Ganggesteine der Gefolgschaft des Laurdalits zerfallen wieder in zwei getrennte Untergruppen; die erste Untergruppe umfasst die *natriopleten* Ganggesteine (*Nephelinporphyr*, *Foyait*, *Tinguait*), bei welchen bei niedrigerem SiO_2 -Gehalt (50 bis unter 60 %, nach Quotientzahlen gerechnet $\text{SiO}_2 < 6 \text{ R}_2\text{O}$) der gesammte Alkaligehalt (mit vorherrschendem Na_2O -Gehalt) nach Quotientzahlen gerechnet in den vorliegenden Beispielen 6 bis 17 mal $> \text{CaO}$ ist. In diesen Gesteinen ist deshalb immer *ein reichlicher Gehalt von Nephelin* (oft auch *Sodalith*) *neben Alkalifeldspäthen vorhanden*. Die zweite Untergruppe umfasst

¹ Von Calcium und $\pi\lambda\tau\theta\sigma$ Fülle, Reichthum.

die *oxypleten* Ganggesteine, bei welchen, nach Quotientzahlen gerechnet, SiO_2 ungefähr = oder $> 6 \text{ R}_2\text{O}$, wobei der Alkaligehalt im Verhältniss zum CaO -Gehalt sehr hoch ist (in den vorliegenden Beispielen bei dem Lestiwarit R_2O beinahe = 12 CaO).

Wenn die *oxypleten* Ganggesteine mehr SiO_2 als entsprechend $6 (\overset{\text{I}}{\text{R}_2\text{O}} + \overset{\text{II}}{\text{RO}})$ enthalten, sind sie Quarz führend¹; solche kommen in der Gefolgschaft des Laurdalits nur sehr spärlich, und so viel bis jetzt bekannt, nicht mit grösserem Quarzgehalt vor; auch ist es nicht ausgeschlossen, dass der Quarzgehalt in einigen der wenigen Fällen, wo er beobachtet worden ist (namentlich im Sölvbergit von der Bahnstrecke Kjöse-Åklungen), sekundär gebildet ist. Die Rechnung zeigt auch beim Vergleich der Laurdalitmischung mit der Zusammensetzung des Lestiwarits, dass diese letztere aus dem Laurdalitmagma abgespalten sein kann, ohne dass eine Zufuhr von ungebundener SiO_2 angenommen zu werden braucht, indem basische $(\text{Mg, Fe})\text{O}$ -Silikate, Nephelinsilikat und Anorthitsilikat abgegeben, und saure Alkalifeldspathsilikate aufgenommen wurden.

Eine Übergangsstellung nehmen gewissermaassen die beiden Sölvbergite, der Aegiringlimmersölvbergit von Kjöse-Åklungen und der Katophoritsölvbergit vom Lougenthal ein. Sie stehen am Anfang der *oxypleten* Gesteine, sind reicher an sauren Alkalifeldspäthen und damit reicher an SiO_2 als der Laurdalit und ebenfalls ärmer an accessorischen Mineralien; auch führen die dunklen Mineralien dieser Gesteine zum Theil das relativ saure Alkali- Fe_2O_3 -Silikat $\text{Na}_2\text{Fe}_2\text{Si}_4\text{O}_{12}$; diese Gesteine sind demnach auch entsprechend arm an CaO und MgO und relativ reich an Fe_2O_3 .

Die oben beschriebene Ganggefolgschaft des Laurdalits gliedert sich somit (indem wir von dem relativ weniger differenzirten Nephelin-rhombenporphyr absehen) in folgende chemisch und mineralogisch wie structurell gut getrennten diaschisten Haupttypen:

Melanokrate Ganggesteine.

a) *Calcioplete.*

Camptonite, Farrisite.

Bronzitkersantite, Monchiquite.

Kersantite.

Vogesite.

b) *Alkaliplete.*

Heumite.

Natronminetten.

¹ Hierher gehören also von bostonitischen Gesteinen die meisten Bostonite, alle Lindöite etc., von aplitischen Gesteinen die meisten Syenitaplite, alle echten Aplite. Es sind dies hauptsächlich die «Oxyphyre» *Pirsson's*.

Leukokrate Ganggesteine.

a) *Natrioplete.*

Nephelinporphyre.

Tinguaite und basische Sölv-
bergite.

Foyaite.

Hedrumite.

b) *Oxyplete.*

Saure Sölvbergite.

Bostonite.

Lestiwarite.

Wie diese Übersicht zeigt, fehlen nicht wenige chemische Typen, welche aus anderen Gegenden aus der Ganggefölgsschaft von Nephelinsyeniten bekannt sind; so wäre z. B. zu erwarten, dass die Serie der natriopleten Gesteine nach dem basischen Ende vollständiger wäre, indem diejenigen hypabyssischen Typen, die ich früher als *Sussexite* zusammengefasst habe (siehe oben unter Nephelinporphyr), bis jetzt nicht im Laurdalitgebiet entdeckt sind. Eine Serie von *kaliopleten* Gesteinen (welche z. B. in den Leucitvitrophyren des südportugisischen Nephelinsyenitgebietes nach den Untersuchungen von *Hackmann* und *v. Kraatz-Koschlau* repräsentirt ist) fehlt vollständig. Von melanokraten Gesteinstypen fehlen alle den Theralithen und Ijolithen entsprechenden calciopleten Gangtypen. Die Monchiquitmischung fehlt nicht, ist aber selten und zum Theil nicht als Monchiquit, sondern in Heumit-Ausbildung bekannt. Dagegen fehlen wieder typisch *ferroplete* Typen, entsprechend den an (Fe, Mg)-Verbindungen reichen basischen Ausscheidungen der Laurdalite oder entsprechend dem gewiss an Fe-Oxyden reichen und an Al_2O_3 armen, hauptsächlich aus *Aegirinaugit* (mit wenig Aegirin, Olivin, Biotit, etwas Pyrit und Apatit) bestehenden Ganggestein von Wudjaurtschorr in Kola,¹ welches von *Ramsay* und *Hackmann* beschrieben ist.

Wenn diese und andere Typen bis jetzt in unserem Laurdalitgebiet nicht beobachtet sind, ist es wohl möglich, dass einige derselben noch gefunden werden können. Ihr bisheriges Fehlen dürfte jedoch wenigstens zum Theil nicht auf unvollständiger Beobachtung beruhen, sondern darauf, dass sie überhaupt nicht zur Ausbildung gelangt sind.

Es ist dies gewiss kein Zufall; fast jeder Haupttypus von Nephelinsyeniten ist, wie oben erwähnt, von einer eigenthümlichen Ganggefölgsschaft begleitet, das gilt für den Nephelinsyenit wie für andere Haupttypen von Tiefengesteinen, wie schon längst von *Rosenbusch* mit Kraft hervorgehoben. Dieser Umstand, dass offenbar selbst geringe Änderungen in der Mischung des Stammmagmas und wohl auch geringe Änderungen in den Temperatur-(und Druck)verhältnissen und anderen

¹ Fennia 11, No. 2, P. 178.

physikalischen Bedingungen sofort *sehr* empfindlich auf die speciellen Spaltungsvorgänge während der Differentiation der Magmen reagiert haben müssen, ist eben ein Hauptbeweis für die Richtigkeit der ganzen Differentiationshypothese, während umgekehrt daraus nicht geschlossen werden darf, dass ein bestimmtes Gangmagma nicht auch aus verschiedenen Hauptmagmen abgespaltet werden könnte.

Eben bei intermediären Magmen, wie das Laurdalitmagma in ausgezeichnetem Grad gewesen ist, musste eine vielseitige Differentiation erwartet werden; darin schien auch eine Möglichkeit gegeben, nicht nur für die Differentiationshypothese neue Beweise zu finden, sondern auch eine nähere Einsicht in die Spaltungsvorgänge selbst zu gewinnen.

Auf Grund der jetzt gewonnenen Erfahrungen wollen wir nun versuchen die Beziehungen der Gangbegleiter des Laurdalits zu diesem Hauptgestein noch etwas näher zu verfolgen und dann eine tiefere Einsicht in die Differentiationsprocesse selbst zu erlangen.

Gänge deren Mischungen sich als Subtractionsreste oder Additionsproducte des Laurdalitmagmas verhalten.

Nachdem wir in den obigen Capiteln eine genügende Grundlage für einen bequemen Vergleich der einzelnen Gangmischungen mit derjenigen des Laurdalits und unter einander erhalten haben, wollen wir jetzt versuchen, die chemischen Verwandtschaftsbeziehungen näher festzustellen. Es empfiehlt sich dabei von den scheinbar einfachsten Fällen auszugehen und zuerst diejenigen Beispiele zu erforschen, in welchen *die Subtraction oder Addition einer einzelnen Verbindung* den Unterschied der betreffenden Gangmischung von dem Laurdalitmagma ausdrückt.

Die Tabelle P. 253 sowie auch die Tafel der Diagramme zeigt eine auffallend nahe Übereinstimmung im Verhältniss $\text{CaO} : (\text{Mg, Fe, Mn})\text{O} : \text{Fe}_2\text{O}_3$ beim Laurdalit einerseits und dem Bronzitkersantit, dem Heumit von Heum und den beiden Natronminetten auf der anderen Seite; diese Übereinstimmung ist auch im Verhältniss der einzelnen RO-Basen zu CaO vorhanden:

	CaO : MgO : MnO	: FeO : Fe ₂ O ₃
Laurdalit.	1 : 0.88 : 0.04	: 0.77 : 0.27
Natronminette, Brathagen . . .	1 : 0.99 : 0.04	: 0.75 : 0.27
— Häö	1 : 0.80 : 0.04	: 0.73 : 0.23
Heumit (von Heum	1 : 0.92 : 0.04	: 0.72 : 0.21
Bronzitkersantit.	1 : 0.98 : (Nicht best.)	: 0.76 : 0.22

Die grösste Differenz (bei dem MgO-Gehalt 0.11 und 0.10) entspricht doch nur 0.38, resp. 0.62 % MgO.

Dass für alle diejenigen Basen, welche den Gehalt an dunklen Mineralien vorzugsweise bestimmen, bei einer ganzen Reihe von Gliedern

der grossen Ganggefölgfchaft des Laurdalits ein fo bestimmtes Mengenverhältniss befteht, welches nahezu gleich demjenigen des Laurdalits felbft ift, muff als eine fehr auffallende Thatsache angefehen werden, welche wie fo viele anderen Verhältniffe eine weitere Befätigung der genetifchen Verwandtfchaft aller diefer Gänge mit dem Laurdalit felbft liefert.

Es ift einleuchtend, dass *die Zufammenfetzung diefer Gangmagmen fih procentifch annäherungsweise durch Subtraction einer gewissen Menge der Alkalithonerdesilikate aus dem Laurdalitmagma ableiten laffen muff*. Es ift dann nicht ohne Intereffe zu unterfuchen, welches der Alkali-Thonerde-Silikate fubtrahirt werden müfste, um in jedem Falle am nächften das betreffende Gangmagma zu geben.

Natronminette, Brathagen. Zieht man von der durch die Analyfe gefundenen Zufammenfetzung des Laurdalits folgende Procentmengen ab:

$$\begin{array}{rcl} 3.37\% \text{ Na}_2\text{O}, & 5.61 \text{ Al}_2\text{O}_3, & 13.30 \text{ SiO}_3 = 22.28\% \text{ Na}_2\text{Al}_2\text{Si}_4\text{O}_{12} \\ \text{und } 1.59\% \text{ K}_2\text{O}, & 1.72 \text{ —} & 4.06 \text{ —} = 7.37\% \text{ K}_2\text{Al}_2\text{Si}_4\text{O}_{12} \\ & & \text{Summa } 29.65\% \text{ R}_2\text{Al}_2\text{Si}_4\text{O}_{12} \end{array}$$

wobei $\text{K}_2\text{O} : \text{Na}_2\text{O}$ (nach Quotientzahlen gerechnet) fih = 1 : 3.2 verhält, fo reftiren $99.82 \div 29.65 = 70.17\%$. Wird hiervon der (mehr unwesentliche) H_2O -Gehalt 0.72 abgezogen, fo reftiren 69.45%, welche enthalten: 37.19 SiO_2 , 1.40 TiO_2 , 11.71 Al_2O_3 , 2.41 Fe_2O_3 , 3.12 FeO , 0.17 MnO , 1.98 MgO , 3.15 CaO , 4.30 Na_2O , 3.25 K_2O , 0.74 P_2O_5 .

Wird diefer Reft auf 100 berechnet, fo erhält man die Zufammenfetzung N. M. B₁, welche, verglichen mit der Natronminette von Brathagen N. M. B., ebenfalls auf 100 berechnet, (nach Abzug von H_2O und CO_2) die in folgender Tabelle angeführten berechneten Differenzen zeigt:

	N. M. B ₁	N. M. B	Diff.
SiO ₂	53.55	52.56	+ 0.99
TiO ₂	2.02	1.74	+ 0.28
Al ₂ O ₃	16.87	18.02	÷ 1.15
Fe ₂ O ₃	3.47	3.60	÷ 0.13
FeO	4.51	4.46	+ 0.05
MnO	0.24	0.21	+ 0.03
MgO	2.86	3.30	÷ 0.44
CaO	4.54	4.64	÷ 0.10
Na ₂ O	6.19	5.88	+ 0.31
K ₂ O	4.68	4.49	+ 0.19
P ₂ O ₅	1.07	1.10	÷ 0.03
	100.00	100.00	

Die Zusammensetzung, welche durch Abziehen der angeführten Menge $R_2Al_2Si_4O_{12}$ von der Laurdalitmischung berechnet wurde, stimmt somit recht genau mit der Natronminette von Brathagen; die berechnete Menge von SiO_2 und Alkalien ist ein wenig zu gross, was aber nicht durch Abziehen von etwas mehr der Verbindung $R_2Al_2Si_4O_{12}$ ausgeglichen werden kann, indem dann der berechnete Al_2O_3 -Gehalt eine noch grössere Differenz zeigen würde.

Natronminette Håö. Zieht man von der durch die Analyse gefundenen Zusammensetzung des Laurdalits wieder ab:

$$\begin{array}{rcl} 4.98\% Na_2O, & 8.20\% Al_2O_3, & 19.30\% SiO_2 = 32.48\% Na_2Al_2Si_4O_{12} \\ 2.65\% K_2O, & 2.83\% & 6.67\% = 12.15\% K_2Al_2Si_4O_{12} \\ & & \hline & & 44.63\% R_2Al_2Si_4O_{12} \end{array}$$

wobei K_2O zu Na_2O sich fast genau wie 1 : 3 (nach Quotientzahlen gerechnet) verhält, so restiren $99.82 \div 44.63 = 55.19\%$. Wird hiervon wieder der H_2O -Gehalt 0.72% abgezogen, so restiren 54.47% , welche enthalten: $28.58\% SiO_2$, $1.40\% TiO_2$, $8.01\% Al_2O_3$, $2.41\% Fe_2O_3$, $3.12\% FeO$, $0.17\% MnO$, $1.98\% MgO$, $3.15\% CaO$, $2.69\% Na_2O$, $2.19\% K_2O$, $0.74\% P_2O_5$.

Wird dieser Rest auf 100 berechnet, so erhält man die Zusammensetzung N. M. H₁, welche, verglichen mit der Natronminette von Håö N. M. H, ebenfalls auf 100 berechnet, (nach Abzug von H_2O), die in folgender Tabelle angeführten berechneten Differenzen zeigt:

	N. M. H ₁	N. M. H	Diff.
SiO_2	52.50	52.15	+ 0.35
TiO_2	2.57	1.95	+ 0.62
Al_2O_3	14.71	15.01	÷ 0.30
Fe_2O_3	4.44	4.11	+ 0.33
FeO	5.73	5.73	+ ÷ 0.00
MnO	0.31	0.30	+ 0.01
MgO	3.63	3.55	+ 0.08
CaO	5.79	6.13	÷ 0.34
Na_2O	4.94	5.45	÷ 0.51
K_2O	4.02	4.47	÷ 0.45
P_2O_5	1.36	1.15	+ 0.21
	100.00	100.00	

Die Zusammensetzung, welche durch Abziehen der angeführten Menge der stöchiometrischen Verbindung $R_2Al_2Si_4O_{12}$ (R_2 bestehend aus $\frac{1}{4} K$ und $\frac{3}{4} Na$) von der Laurdalitmischung berechnet wurde, entspricht somit noch genauer der Zusammensetzung der Natronminette von Håö, als oben bei der Minette von Brathagen gefunden wurde.

Für den *Heumit* von Heum und für den *Bronzitkersantit* lässt sich nicht durch blossen Abzug einer stöchiometrischen Verbindung $R_2Al_2Si_4O_{12}$ aus der Laurdalitmischung und durch Berechnung des Restes auf 100 eine Zusammensetzung, welche mit den Analysen der genannten Gesteine übereinstimmt, berechnen. Im Heumit müsste jedenfalls theilweise eine *saure* $R_2O \cdot Al_2O_3$ -Verbindung für den abzuziehenden Theil angenommen werden, aber auch dies reicht nicht allein hin, um aus dem Laurdalit eine mit dem Heumit übereinstimmende Mischung zu berechnen; für den Bronzitkersantit würde zwar noch eine Verbindung $R_2Al_2Si_4O_{12}$ angenommen werden können, aber der Abzug derselben genügt nicht allein, um so mehr als die Zahlen für R_2O und Al_2O_3 sich nicht wie 1 : 1 verhalten, so dass auch hier ausserdem andere Umsetzungen angenommen werden müssten.

Es ist nun von Interesse zu untersuchen, ob in der That unter den Ganggesteinen der Gefolgschaft des Laurdalits Mischungen bekannt sind, welche procentisch sich als *Additionsprodukte* von Laurdalitmagma und dem Silikat $R_2Al_2Si_4O_{12}$ verhalten, in Mengenverhältnissen, die den zur Bildung der Natronminettemagmen vom Laurdalitmagma abgezogenen Quantitäten, entsprechen. In der folgenden Tabelle bedeutet N. R. P_1 Laurdalitmagma + 29.65 % $R_2Al_2Si_4O_{12}$ (mit R_2O bestehend aus 3.37 % Na_2O und 1.59 % K_2O , confr. oben Natronminette von Brathagen), N. R. P_2 bedeutet Laurdalitmagma + 44.63 % $R_2Al_2Si_4O_{12}$ (mit R_2O bestehend aus 4.98 % Na_2O und 2.65 % K_2O ; confr. oben Natronminette von Håö); sowohl N. R. P_1 als N. R. P_2 sind nach der Addition auf 100 berechnet. Endlich bedeutet N. R. P. die Zusammensetzung des Nephelinrhombenporphyrs von Vasvik, ebenfalls (wasserfrei) auf 100 berechnet.

	N. R. P_1	N. R. P_2	N. R. P.
SiO ₂	55.85	56.02	56.32
TiO ₂	1.09	0.97	0.65
Al ₂ O ₃	20.50	20.87	21.61
Fe ₂ O ₃	1.87	1.74	1.07
FeO	2.42	2.17	3.29
MnO	0.13	0.12	—
MgO	1.54	1.38	1.12
CaO	2.45	2.20	2.43
Na ₂ O	8.57	8.80	8.46
K ₂ O	5.00	5.21	5.05
P ₂ O ₅	0.58	0.52	Spur
	100.00	100.00	100.00

Wir sehen aus diesem Vergleich, dass *der Nephelinrhombenporphyr* von Vasvik in der That *fast genau als ein Additionsprodukt von Laurdalitmagma und einer gewissen Menge von $R_2Al_2Si_4O_{12}$ aufgefasst werden kann.*

Es wurde somit oben nachgewiesen, dass die Mischungen der beiden Natronminetten annäherungsweise aufgefasst werden können als Laurdalitmagma $\div n[R_2Al_2Si_4O_{12}]$, und dass dem entsprechend der Nephelinrhombenporphyr als Laurdalitmagma + einer entsprechenden Menge von $R_2Al_2Si_4O_{12}$ aufgefasst werden kann. Mit dem Nachweis dieser interessanten Relationen des Hauptmagmas und der Derivate desselben soll nun aber gar nicht behauptet werden, dass die Natronminette-Magmen und das Nephelinrhombenporphyrmagma thatsächlich aus dem Laurdalitmagma lediglich durch Abspaltung, respective Aufnahme eines «Kerns» $R_2Al_2Si_4O_{12}$ entstanden wären. Im Gegentheil ist es wohl wahrscheinlicher, dass die Differentiationsprocesse durch welche die genannten Magmen entstanden, eher von anderer, vielleicht complicirter Art gewesen sind; gewiss wahrscheinlicher ist eine Ableitung aus dem Laurdalit *bei der Annahme von gleichzeitiger Zufuhr von (Fe, Mg, Ca)-Silikaten und Abspalten von Alkalithonerdesilikat (z. B. $R_2Al_2Si_4O_{12}$).*

Wenn es sich bestätigen sollte, dass die Derivation des Natronminettemagmas etc. durch gleichzeitige Zufuhr von (Mg, Fe, Ca)-Silikaten und Abspalten von Alkalithonerdesilikat die wahrscheinlichere ist, bedeutet also die nachgewiesene regelmässige Relation $CaO : MgO : FeO : MnO : Fe_2O_3$ bei dem Laurdalit einerseits und den Natronminetten (sammt dem Heumit und dem Bronzitkersantit) andererseits, dass die Differentiation der Verbindungen dieser Basen bei der Abspaltung der Theilmagmen aller dieser Ganggesteine ungefähr unter gleichartigen Verhältnissen stattgefunden haben muss.

Nephelinporphyr. Wie die Natronminetten zeigt auch der *Nephelinporphyr* vom Lougenthal ganz entsprechend ziemlich genau dasselbe Verhältniss $CaO : MgO : (Fe, Mn)O : Fe_2O_3$ (für diesen Bestandtheil jedoch grössere Abweichung).

	$CaO : MgO : (Fe, Mn)O : Fe_2O_3$		
Laurdalit	1 : 0.88	0.81	: 0.27
Nephelinporphyr . .	1 : 1.01	0.82	: 0.39

Es muss somit auch die Nephelinporphyrmischung aus dem Laurdalit procentisch derivirt werden können, aber hier umgekehrt (also wie beim Nephelinrhombenporphyr) durch *Addition* eines Alkali-Thonerde-Silikates. Es ist dann von Interesse zu prüfen, welches $R_2O \cdot Al_2O_3$ -Silikat addirt zu der Laurdalitzusammensetzung die Mischung des Nephelinrhombenporphyrs giebt.

Addirt man:

6.38 Na_2O , 0.66 K_2O , 11.22 Al_2O_3 , 13.20 SiO_2 = 31.46 % des Nephelinsilikates $R_2Al_2Si_2O_8$ (oder $R_3Al_3Si_3O_{12}$), so erhält man eine Mischung von Laurdalit ($\div H_2O$) = 99.10 % + 31.46 % Nephelinsilikat = 130.56 % bestehend aus 67.75 SiO_2 , 1.40 TiO_2 , 30.29 Al_2O_3 , 2.41 Fe_2O_3 , 3.12 FeO , 0.17 MnO , 1.98 MgO , 3.15 CaO , 14.05 Na_2O , 5.50 K_2O , 0.74 P_2O_5 . Wird diese Mischung auf 100 berechnet, so erhält man die Zusammensetzung NP_1 verglichen mit dem Nephelinporphyr (NP), ebenfalls wasserfrei auf 100 berechnet:

	NP_1	NP	Diff.
SiO_2	51.89	50.94	+ 0.95
TiO_2	1.07	0.91	+ 0.16
Al_2O_3	23.20	24.09	\div 0.89
Fe_2O_3	1.85	2.34	\div 0.49
FeO	2.39	2.22	+ 0.17
MnO	0.13	—	—
MgO	1.52	1.55	\div 0.03
CaO	2.41	2.14	+ 0.27
Na_2O	10.77	11.40	\div 0.63
K_2O	4.21	4.41	\div 0.20
P_2O_5	0.56	Spur	—
	100.00	100.00	

Der Nephelinporphyr lässt sich also aus dem Laurdalitmagma procentisch deriviren bei der Annahme, dass ungefähr $3\frac{1}{2}$ % eines kaliarmen Nephelinsilikates sich zu dem Laurdalitmagma addirt hätte, *also wieder genau der umgekehrte Fall als bei dem Verhältniss der Natronminetten zum Laurdalit*, wobei jedoch bemerkt werden muss, dass bei diesen das subtrahirte (abgespaltete) $R_2O \cdot Al_2O_3$ -Silikat der Mischung der saureren Analcim-Leucit-Silikate: $R_2Al_2Si_4O_{12}$ entsprach, *während im vorliegenden Falle das Additionsprodukt einem Nephelinsilikat $R_2Al_2Si_2O_8$ entsprechen müsste.*

Ich muss aber wieder ausdrücklich hervorheben, dass ich es nicht für berechtigt halte anzunehmen, dass der Differentiationsvorgang in der That so einfach gewesen wäre; wahrscheinlich ist auch der Nephelinporphyr durch mehr complicirte Differentiationsprocesse aus dem Laurdalitmagma entstanden, nämlich durch gleichzeitige Abgabe von Ca-Mg-Fe-Verbindungen und Aufnahme von (basischem) $R_2O \cdot Al_2O_3$ -Silikat.

Das bis jetzt versuchte Verfahren, durch Addition oder Subtraktion einer einzelnen bestimmten Verbindung eine bestimmte Gangmischung aus dem Laurdalitmagma abzuleiten, genügt nämlich zwar in einigen Fällen um über die Beziehungen der Zusammensetzung des betreffenden Ganggesteines zu dem Laurdalitmagma selbst eine Vorstellung zu geben, oder richtiger es giebt einen Ausdruck für die wesentliche Differenz der chemischen Zusammensetzung von beiden; *eine genügende Vorstellung über die wirklich oder wahrscheinlich stattgefundenen Differentiationsprocesse erhalten wir aber durch dieses Verfahren nicht*, und es lässt sich ausserdem auch nur in relativ wenigen Ausnahmefällen benutzen.

Es ist auch kaum wahrscheinlich, dass z. B. eine Anreicherung mit $Na_2Al_2Si_4O_{12}$ durch Zuführen dieser Verbindung in eine Laurdalitmagma-partie allein stattgefunden hätte, ohne dass gleichzeitig andere Verbindungen abgespaltet worden wären; der Differentiationsprocess muss im Allgemeinen in einem *Austausch* verschiedener Verbindungen aus verschiedenen an einander grenzenden Magmatheilen bestanden haben, einem Austausch, welcher so lange stattfinden musste, bis unter den geänderten Bedingungen (in Temperatur und Druck etc.) wieder Gleichgewicht eintreten konnte. Wurde nach einer Stelle im Magma (z. B. nach der Abkühlungsfläche hin, in der Grenzpartie des Magmas) eine (z. B. eine basische (Mg, Fe)-)Verbindung zugeführt, so mussten im Allgemeinen gleichzeitig auch andere Verbindungen wegdiffundiren.

Erst unter dieser Voraussetzung können wir die gegenseitigen Beziehungen erklären, welche Gänge, die aus complementären Mischungen bestehen, aufweisen.

Ganz unabhängig von dieser Frage über die thatsächlich stattgefundenen Bildungsvorgänge im Einzelnen bei der Differentiation des Laurdalitmagmas sind aber die verschiedenen hier nachgewiesenen nahen und einfachen Beziehungen zwischen dem Laurdalitmagma und den betreffenden Gangmagmen und an und für sich nicht weniger wichtig. Da nämlich die Differenzen in der Zusammensetzung der Gangmagmen und des Laurdalitmagmas sich *durch Addition oder Subtraktion von bestimmten stöchiometrischen Verbindungen* ausgleichen lassen, so muss offenbar die Annahme berechtigt sein, dass wahrscheinlich bei der Differentiation

derartige Verbindungen eine Rolle gespielt haben, das heisst, wir müssen annehmen, dass CaO , MgO , FeO etc., sowie andererseits auch Na_2O , K_2O , Al_2O_3 etc., nicht für sich, sondern in Bindung mit SiO_2 etc. als zusammengesetzte stöchiometrische Verbindungen (in so fern confr. Rosenbusch's Kerne!) bei der Differentiation nach verschiedenen Theilen des Magmas diffundirt haben, und dass dadurch die jetzt in den Gängen vorliegenden Theilmagmen aus dem Laurdalitmagma derivirt sind.

Erklärung der Entstehung der complementären Gangmagmen aus dem Hauptmagma durch die Diffusionshypothese.

Indem wir oben die Beziehungen zwischen dem Laurdalit und seinem Ganggefolge unter verschiedenen Gesichtspunkten betrachtet haben, wurden verschiedene bedeutungsvolle Resultate betreffs der chemischen Verwandtschaft derselben gewonnen, die wir jetzt näher vornehmen wollen.

Bei der Betrachtung der verschiedenen, an einzelnen Lokalitäten in geologischem Verband zusammen auftretenden complementären Ganggruppen sahen wir, dass wir offenbar bei einer nicht geringen Anzahl von Vorkommen nephelinreiche intermediäre Ganggesteine, Foyaite, vorgefunden haben, begleitet von Gängen (Natronminetten, Heumiten etc. etc., Lestiwariten, Bostoniten etc. etc.), die einerseits mit dunkeln Mineralien (MgO- , FeO- und $\text{Fe}_2\text{O}_3\text{-}$ sowie CaO-Verbindungen) und andererseits mit SiO_2 (oder richtiger mit sauren Alkalithonerdesilikaten, Alkalifeldspäthen) angereichert sind; in mehreren Fällen liessen sich derartige Ganggruppen als complementäre Gänge berechnen.

Bei der Theilung der ganzen Ganggefolgschaft nach chemischen (oder mineralogischen) Gesichtspunkten im Vergleich mit dem Laurdalit selbst fanden wir wieder, dass hauptsächlich *drei* verschiedene Gruppen von Gangbegleitern unterschieden werden konnten, basische dunkle, melanokrate Gänge, relativ basische oder intermediäre helle, leukokrate, nephelinreiche Gänge und endlich helle, relativ saure Gänge.

Aus der offenbaren Gesetzmässigkeit dieser und anderer chemischen Beziehungen zwischen dem Laurdalit selbst und seinem Ganggefolge zogen wir ferner die Schlussfolgerung, dass die verschiedenen Gangmagmen des letzteren durch Spaltung, Differentiation aus dem Hauptmagma des Laurdalits entstanden sein müssten.

Schliesslich sahen wir, dass verschiedene Gangbegleiter sich in der Weise (procentisch) chemisch als Subtractionsreste oder als Additionsresultate des Laurdalitmagmas berechnen liessen, dass mit Wahrscheinlichkeit geschlossen werden musste, die Theilmagmen der Gänge seien durch Abspalten von *zusammengesetzten stöchiometrischen Verbindungen* (Alkali-Thonerde-Silikaten, (Ca, Mg, Fe)-Silikaten etc.) aus dem Hauptmagma hervorgegangen.

Es läge nun nahe zu glauben, dass — wenn überhaupt die ganze oben vorgelegte Beobachtungsreihe über die gegenseitige Abhängigkeit zwischen dem Hauptgestein und den begleitenden Gängen durch die Annahme stattgefundenener Spaltungsprocesse des Hauptmagmas erklärt werden darf —, es dann auch keine weitere Schwierigkeit darbieten würde, die bei derartiger Differentiation stattgefundenen Vorgänge selbst auf Schritt und Tritt näher zu verfolgen. Das ist nun aber nicht der Fall; im Gegentheil, etwas *Sicheres* über den Gang des Differentiationsprocesses lässt sich aus diesem, wie es beim ersten Eindruck wohl scheinen dürfte, ziemlich günstigen Beobachtungsmateriale *nicht* schliessen.

Die Endresultate der verschiedenen Differentiationsprocesse liegen zwar aller Wahrscheinlichkeit nach in den einzelnen Gliedern der verschiedenen complementären Gangcomplexe vor, der Gang der Spaltungsprocesse selbst bleibt aber dennoch, was die Einzelheiten betrifft, gleich sehr in unsicheres Dunkel gehüllt. Nachdem ich diese ganze Arbeit beinahe beendet habe, scheint es mir auch mehr und mehr einleuchtend, dass ein Studium der Ganggefolgschaften der Tiefengesteine überhaupt weniger geeignet ist, die Lösung dieser Fragen zu fördern, als die vergleichende Untersuchung der *Grenzfaciesbildungen* der Tiefengesteine sowie der hypabyssischen Gesteine von verschiedenen chemischen Haupttypen.

Ich will dies hier ausdrücklich scharf hervorheben, damit man nicht meinen soll, dass ich selbst die im Folgenden vorgelegten hypothetischen Betrachtungen als sicher bewiesen ansehe.

Betrachten wir das in den Analysen der einzelnen Gänge der Ganggefolgschaft des Laurdalits vorliegende Beobachtungsmaterial näher, so ist es ja schon beim ersten Eindruck offenbar, dass hier eine Anzahl *Endresultate ungleich weit fortgesetzter Spaltungsprocesse* vorliegen; einige Gangmischungen entfernen sich mehr, andere weniger von der Zusammensetzung des Laurdalits selbst, aus welcher sie muthmaasslich durch Spaltung hervorgegangen sind. Schon aus den Diagrammen der Tafel sieht man unmittelbar, dass z. B. die Natronminetten sich weniger von der Mischung des Laurdalits entfernen, als z. B. die Heumite, der

Farrisit und die Camptonite, und auf der anderen Seite, dass die Tinguaitite und Sölvbergite von der Laurdalitzusammensetzung weniger verschieden sind als die Bostonite und Lestiwarite.

Wäre nun die Anzahl der bekannten analysirten Glieder des Ganggefolges viel grösser gewesen, als sie thatsächlich ist, *so hätte man sich a priori wohl denken können, dass es theoretisch möglich sein müsste, bei den verschiedenen der Reihe nach auf einander folgenden Gliedern des Ganggefolges aus den Differenzen in der Mischung auch direkt abzulesen, welche Verbindungen bei der Spaltung des Magmas nach der einen oder nach der anderen Seite diffundirt hätten*, mit anderen Worten, dass der Gang der Differentiationsprocesse sich so zu sagen in den verschiedenen Serien des Ganggefolges abspiegeln sollte.

Das war auch meine Hoffnung, als ich diese Arbeit anfang; die Erfahrung hat aber gezeigt, dass die Sache praktisch nicht so einfach liegt. Es würde jedenfalls eine sehr mühsame Arbeit geben, auf diesem Weg zum Ziel zu kommen. Jedoch giebt schon eine Übersicht, wie die der Diagrammtafel oder der Analysentabelle P. 235, wichtige Fingerzeige.

Wir sehen unmittelbar, dass die Differentiation zuerst wesentlich in zwei Richtungen gegangen ist, erstens in eine Anreicherung mit Mg-Fe- und Ca-Verbindungen, zweitens in eine Anreicherung mit Alkali-Thonerde-Silikaten; ausserdem zeigt sich aber auch offenbar, dass die extremsten Glieder nach dem sauren Ende hin eine Anreicherung mit SiO_2 (oder richtiger mit Alkalifeldspathsilikaten) bei Abnahme sowohl der Mg-Fe-Ca-Verbindungen als der basischen Alkali-Thonerde-Silikate, erweisen.

Wir wissen aus vielen Vorkommen von Nephelinsyeniten überall in der Welt, dass die extrem melanokraten Camptonite und die extrem leukokraten Bostonite als einander ergänzende complementäre Gangbegleiter der Nephelinsyenite bekannt sind. Sie sind aber nicht complementär in dem Sinne, dass sie für sich allein sich zu einer nephelinsyenitischen Mischung ergänzen; *wie man auch eine Camptonitmischung und eine Bostonitmischung verbinden wollte, sie können niemals allein eine Nephelinsyenitzusammensetzung geben*, da bei beiden der Alkaligehalt sowie der Thonerdegehalt zu niedrig ist. Es muss deshalb gleichzeitig mit der Abspaltung dieser beiden extremen Glieder auch *ein mit Alkali und Thonerde angereichertes Theilmagma* bei der Differentiation gebildet worden sein.

Genau entsprechend verhalten sich auch die melanokraten Heumite und Natronminetten einerseits und die leukokraten Bostonite oder Lesti-

warite andererseits; sie treten in der Natur offenbar als complementäre Gänge auf (z. B. bei Heum), aber allein ergänzen sie sich auch nicht zu einer Laurdalitmischung; sie sind dazu zusammen zu arm an Alkalien und Thonerde.

Es *muss* deshalb theoretisch gleichzeitig mit ihrer Abspaltung auch ein Alkali-Thonerde-reicheres Magma bei dem Differentiationsprocess entstanden sein, und das ist es auch eben, was wir in der Natur finden, indem sie, wie oben erwähnt, überall mit einem nephelinreichen Ganggestein, in der Regel Foyait, zusammen beobachtet wurden.

So ergibt sich ohne weiteres aus der theoretischen Erklärung der complementären Gänge eine schöne Übereinstimmung mit den vorliegenden Beobachtungen; die oben unterschiedenen *drei Hauptreihen der Gangbegleiter* des Laurdalits ergänzen sich als *complementäre* Reihen zu der Hauptmischung des Laurdalits, aus welcher sie infolge der Differentiationshypothesen gesetzmässig entstanden sein müssen. — — —

Beobachtungen an einer ganzen Anzahl von *sauren* Gängen (z. B. an den Quarzporphyren des Kristianiagebietes — Gang von Ostö etc. bei Kristiania, von Gåserumpen bei Holmestrand, von Katholmen, Bogen und Mulåsen etc. Holmestrand, — und an den Quarzporphyrgängen von Småland; ferner an den zahlreichen Glimmersyenitporphyrgängen des Nakholm-Typus im Kristianiagebiete und entsprechenden Gängen in Thüringen etc. etc.), haben gezeigt, dass bei diesen eine Diffusion von *Fe-Oxyden und CaO-Verbindungen nach der Grenzfläche* (Abkühlungsfläche) *hin* bei ihrer magmatischen Differentiation stattgefunden haben muss.¹ Dies Verhältniss ist vollkommen in Übereinstimmung mit der herrschenden Krystallisationsfolge bei *sauren* Magmen, bei welchen, wie bekannt, Fe-Oxyde und Fe-Mg-Silikate, dann auch Kalk-Thonerde-Silikat gewöhnlich früher als die Alkalifeldspäthe auskrystallisiren.

Wie sich in dieser Beziehung die Verhältnisse bei den intermediären alkalireichen nephelinsyenitischen Magmen gestalten, ist nun sehr wenig bekannt, indem charakteristisch ausgebildete «gemischte Gänge» von nephelinsyenitischer Mischung, so viel ich weiss, nicht bekannt oder jedenfalls nicht genauer studirt sind.² Bei den meisten der grossen

¹ Siehe hierüber Eruptivgest. d. Kristianiageb. I, P. 59 etc.

² Cfr. Eruptivgest. d. Kristianiageb. I P. 194.

Foyaitgänge des Lougenthales ist die unmittelbare Grenze bedeckt, dasselbe gilt von den Nephelinrhombenporphyrgängen. Wo ich aber die Grenzzone beobachten konnte, habe ich keine auffallende Anreicherung mit dunklen Mineralien bemerkt. Es steht diese Auffassung in bester Übereinstimmung mit den Beobachtungen über die Krystallisationsfolge in den Foyaiten etc., welche zeigen, dass die Fe-reichen Mineralien (namentlich Aegirin, Katophorit etc.) sehr häufig *nach* den Alkalithonerdesilikaten (sowohl nach Nephelin als nach den Feldspäthen) auskrystallisiert sind, obwohl auch der umgekehrte Fall häufig ist. Ebenso ist das gegenseitige Verhältniss von Nephelin und Alkalifeldspäthen wechselnd, indem der erstere theils früher als die letzteren, theils nach denselben, sehr gewöhnlich aber offenbar gleichzeitig auskrystallisiert ist.¹

Es sollte demzufolge auch als Resultat der Differentiationsvorgänge der nephelinsyenitischen Magmen eine grössere Variation ihres diaschisten Ganggefolges erwartet werden können, wie es auch die Erfahrung bestätigt.

Es ist unter diesen Umständen sehr schwierig, sichere Anhaltspunkte zu finden für eine nähere Verfolgung der Differentiationsprocesse, bei welchen die einzelnen Gangmagmen des Laurdalitganggefolges gebildet wurden.

In erster Linie scheinen wir auf einen Vergleich der chemischen Zusammensetzung des Laurdalits selbst mit derjenigen der einzelnen Glieder des Ganggefolges angewiesen.

Wir können z. B. die Frage stellen: ist es möglich, dass die extrem sauren *leukokraten* Gangmagmen, wie dasjenige der Lestiwarite, aus Laurdalitmagma ausschliesslich durch Abspalten von Fe-Mg-Ca-Verbindungen entstehen konnte?

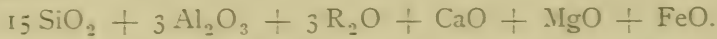
Wir können diese Frage aus dem Vergleich der Mischung des Laurdalits mit derjenigen des analysirten Lestiwarits ohne weiteres beantworten.

¹ In dem Laurdalitgebiet selbst ist es von Interesse zu bemerken, dass die ganze äussere Grenzzone desselben gegen SW., S. und SO. offenbar viel nephelinreichere Mischungen aufweist, als die nördlicheren inneren Theile des Gebietes, dagegen keine Anreicherung mit dunklen Mineralien. Der Nephelin ist im Laurdalit selbst, wie die häufige hypidiomorphe Begrenzung der grossen Individuen zeigt, zum Theil sehr früh auskrystallisiert. Auf der anderen Seite besteht an dem äusserst interessanten Vorkommen von Square Butte, Montana (*Weed & Pirsson: Highwood mountains of Montana, Bull. of the geol. soc. of Amerika, Vol. 6, P. 389—422; 1895*) die Randzone des Lakkolithes aus basischem, dunklem, mit MgO, CaO und Fe-Oxyden stark angereichertem «Shonkinit», während der Kern aus hellem, intermediärem, an Alkalien und Thonerde reichem Sodalithsyenit besteht; dass die Randzone hier durch Differentiation gebildet ist, scheint nach der ausgezeichneten Darstellung der beiden Verfasser unzweifelhaft. Es verdient bemerkt zu werden, dass beide Gesteine von Square Butte relativ K₂O-reiche Gesteine sind.

Die typische Laurdalitmischung entspricht, wie schon oben erwähnt, hinreichend genau einer stöchiometrischen Mischung



also ungefähr:



(NB. Der Einfachheit wegen alles Fe als FeO berechnet.)

Der Lestiwarit wieder entspricht ziemlich genau einer Feldspathmischung $R_2Al_2Si_6O_{16}$; indem die Gehalte an CaO, MgO, FeO, MnO und Fe_2O_3 sehr gering sind. Es ist deshalb offenbar, dass selbst, wenn Ca, Mg und Fe nicht in Silikatbindung, sondern als Basen CaO, MgO etc. aus dem Laurdalitmagma weg diffundirt worden wären, dennoch nicht genügend SiO_2 übrig bleiben würde, um eine reine Alkalifeldspathmischung zu geben.

Dasselbe Resultat ergibt sich noch genauer beim Vergleich der Quotientenzahlen:

<i>Laurdalit.</i>		<i>Lestiwarit.</i>	Differenz.	
			+	÷
SiO ₂	0.9092	1.1083	0.1991	
TiO ₂	0.0175	0.0087		0.0088
Al ₂ O ₃	0.1869	0.1593		(0.0276) NB.
Fe ₂ O ₃	0.0152	0.0127		0.0025
FeO	0.0433	0.0021	0.0094	0.0898
MnO	0.0024	0.0028		
MgO	0.0495	0.0045		
CaO	0.0563	0.0152		0.0411
Na ₂ O	0.1237	0.1213	0.1801	0.0049
K ₂ O	0.0515	0.0588		
P ₂ O ₅	0.0052			

Selbst wenn wir also CaO- und die übrigen RO-Oxyde, (in Procentmengen entsprechend den Quotientenzahlen 0.0411 CaO und 0.0898 RO), als solche wegdiffundirt annehmen wollten, würde dennoch eine SiO₂-Menge entsprechend 0.1991 (d. h. ca. 12 % SiO₂) fehlen, um Lestiwarit mit der vorherrschenden Verbindung $R_2Al_2Si_6O_{16}$ zu erhalten, (indem wir bemerken, dass die Quotientenzahlen für Alkalien und Fe₂O₃ so wenig differiren, dass sie hier praktisch unberücksichtigt bleiben können, und dass auch für Al₂O₃ kein sehr wesentlicher Unterschied vorhanden ist, indem der Al₂O₃-Gehalt nachweislich in der Lestiwaritanalyse zu niedrig gefunden sein muss).

Es ist nun aber schon nach dem Obigen in der That wahrscheinlich, dass CaO, MgO, FeO etc. nicht als solche, sondern in Silikatbindung

aus dem Laurdalitmagma abgespaltet sind; unabhängig davon können wir uns aber die Entstehung des hohen SiO_2 -Gehaltes in verschiedener Weise erklären: entweder durch Zuführen von SiO_2 ; oder durch Zuführen von $\text{R}_2\text{Al}_2\text{Si}_6\text{O}_{16}$; oder durch Zuführen sowohl von SiO_2 als von $\text{R}_2\text{Al}_2\text{Si}_6\text{O}_{16}$; oder durch Abgeben von $\text{R}_2\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_8$ (Nephelinsilikat), wobei Alkalithonerdesilikat entsprechend einer Verbindung $\text{R}_2\text{Al}_2\text{Si}_6\text{O}_{16}$ restiren würde, oder endlich durch gleichzeitiges Abgeben von Nephelinsilikat und Zuführen von Feldspathsilikat.

Wie wir sehen, ist hier eine Anzahl verschiedener Möglichkeiten vorhanden. Eine einfache Abgabe von RO-Verbindungen *allein* kann aber, wie wir sehen, aus dem Laurdalitmagma ein Lestiwarittheilmagma *nicht* geliefert haben; dieser Process muss auch von anderen begleitet gewesen sein, — welche, wissen wir vorläufig nicht. Es ist aber nicht ohne Interesse, dass eine Zufuhr von reiner SiO_2 nicht nöthig gewesen ist, indem schon eine Abgabe von Nephelinsilikat genügen würde, um ein Restmagma von Lestiwaritmischung zu liefern. Wir werden auch weiter unten auf die mögliche Entstehung des Lestiwarits aus dem Laurdalitmagma zurückkommen.

Nehmen wir jetzt ein *melanokrates* Gestein vor und versuchen wir auf ähnliche Weise auch hier aus dem Vergleich der Quotientenzahlen mit denjenigen des Laurdalits eine bestimmtere Vorstellung über die Ableitung desselben aus dem Laurdalitmagma zu gewinnen; wir wollen dazu beispielsweise die Analyse der Natronminette von Håö wählen, indem wir bemerken, dass dies Gestein so vollständig mit der Natronminette vom Walde zwischen Asbjörnsröd und Åsildsröd übereinstimmt, dass die Zusammensetzung dieser beiden Gesteine wahrscheinlich beinahe identisch sein dürfte.

<i>Laurdalit</i> (Haupttypus).		<i>Natronminette</i> ; Håö.	Differenz.	
			+	÷
SiO_2	0.9092	0.8658		0.0434
TiO_2	0.0175	0.0244	0.0069	
Al_2O_3	0.1869	0.1465		0.0404
Fe_2O_3	0.0152	0.0256	0.0104	
FeO	0.0433	0.0792	0.0359	
MnO	0.0024	0.0042	0.0018	
MgO	0.0495	0.0885	0.0390	
CaO	0.0563	0.1089	0.0526	
Na_2O	0.1237	0.0876		0.0361
K_2O	0.0515	0.0473		0.0042
P_2O_5	0.0052	0.0081	0.0029	

} 0.0403

Der Vergleich des Ausgangsmateriales und des Endprodukts der Differentiation im vorliegenden Falle zeigt also, dass, um aus dem Laurdalitmagma ein Natron-Minette-Magma zu erhalten, müsste (wenigstens):

1. aus einer angrenzenden Partie von Laurdalitmagma hinzugeführt werden: TiO_2 , Fe_2O_3 , FeO , MnO , MgO , CaO und P_2O_5 entsprechend den Quotientzahlen: 0.0069 TiO_2 , 0.0104 Fe_2O_3 , 0.0359 FeO , 0.0018 MnO , 0.0390 MgO , 0.0526 CaO und 0.0029 P_2O_5 ,
2. und gleichzeitig nach dieser angrenzenden Laurdalitmagmapartie hinweg diffundiren: SiO_2 , Al_2O_3 und Alkalien, entsprechend den Quotientzahlen: 0.0434 SiO_2 , 0.404 Al_2O_3 , 0.0361 Na_2O und 0.0042 $\text{K}_2\text{O} = 0.0403$ Alkalien.

So weit scheinen unsere Betrachtungen, wenn auch immer auf ungenügender, so doch auf *relativ* sicherer Grundlage zu fussen. Nun fragt es sich aber: wie sind diese bestimmten Mengen von TiO_2 , P_2O_5 , Eisenoxyden, MnO , MgO und CaO einerseits und von SiO_2 , Al_2O_3 , Na_2O und K_2O andererseits diffundirt, in welcher Form?

Schon oben wurde aus mehreren Umständen geschlossen, dass sie wahrscheinlich nicht in dissociirter Form, sondern in zusammengesetzten Verbindungen diffundirt sein dürften; es ist aus mehreren Gründen wahrscheinlich, dass ein Silikatmagma, in welchem eine Differentiation angefangen hat, schon so stark abgekühlt gewesen sein dürfte, dass in demselben schon zusammengesetzte Verbindungen vorhanden waren, so dass Alkalien, Thonerde etc. nicht für sich, sondern in mit SiO_2 gesättigten Verbindungen diffundiren mussten.

Ist diese Auffassung richtig, dann giebt die für SiO_2 gefundene Differenz 0.0434 kein Maass für die *wirklich* diffundirte SiO_2 -Menge, sondern nur die Differenz zwischen der wegdiffundirten und hinzugeführten SiO_2 -Menge. Dasselbe gilt vielleicht auch für mehrere der übrigen Bestandtheile, ohne dass wir es für diese näher controlliren können.

Dass diese Auffassung richtig ist, dafür scheint das Verhältniss der Differenzzahlen für Alkalien und Thonerde eine Bestätigung zu liefern; diese Zahlen

$$0.0403 \text{ Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O} : 0.0404 \text{ Al}_2\text{O}_3$$

verhalten sich ja nämlich genau $= 1 : 1$. Es ist dies um so mehr auffallend, weil weder im Laurdalit selbst noch in der Natronminette von Håö ein derartiges Verhältniss von $\text{R}_2\text{O} : \text{Al}_2\text{O}_3$ vorhanden ist, sondern beim ersten 0.1349 $\text{R}_2\text{O} : 0.1465 \text{ Al}_2\text{O}_3$, beim letzteren 0.1752 $\text{R}_2\text{O} : 0.1867 \text{ Al}_2\text{O}_3$.

Wenn man dies nicht als rein zufällig ansehen will, was keine Erklärung der Thatsache liefert, dann kann dies nur bedeuten, dass die aus dem Laurdalitmagma bei der Bildung des Natronminette-magmas wegdiffundirten Mengen von R_2O und Al_2O_3 in einem der bekannten Alkalithonerdesilikate vorhanden gewesen sind. Oben sahen wir, dass die Natronminette von Häö sich als Laurdalitmagma $\div R_2Al_2Si_4O_{12}$ procentisch deuten lässt. Es liegt deshalb nahe, an diese Verbindung, *Rosenbusch's* Kern φ , zuerst zu denken. Es scheint diese Auffassung auch durch die folgenden Betrachtungen gestützt.

Versuchen wir nun auch über die eventuell zugeführten Verbindungen eine Vorstellung zu gewinnen, so könnten wir folgende Annahmen prüfen.

Zuerst dürften wir — da Apatit und Titanit gewöhnlich zu den allerfrühesten Krystallisationen gehören und da offenbar in der Natronminette eine Anreicherung sowohl mit P_2O_5 als mit TiO_2 stattgefunden haben muss — vielleicht annehmen, dass die Säuren TiO_2 und P_2O_5 als $CaTiSiO_5$ respektive als $Ca_5F[PO_4]_3$ diffundirt hätten; es würden dann dabei $0.0069 + 0.0038 = 0.0107$ CaO gebunden sein. Nehmen wir ferner an, dass der übrige Theil des CaO mit $(Mg, Fe)O$ in der Metasilikatverbindung $(Mg, Fe) CaSi_2O_6$ gebunden gewesen wäre, was bei dem mittleren SiO_2 -Gehalt des Magmas (cfr. *J. H. L. Vogts* SiO_2 -Krystallisations-Spatium für Pyroxene in Schlacken¹) wohl angenommen werden darf; nehmen wir ferner an, dass die restirenden Mengen von MgO , FeO und Fe_2O_3 als Orthosilikatverbindungen² diffundirt hätten: so wäre also dem sich bildenden Natronminettemagma von SiO_2 zusammen zugeführt:

Für die Verbindung	$Ca Ti SiO_5$	. . . . .	0.0069	SiO_2
«	—	$(Mg, Fe) CaSi_2O_6$	. . . . .	0.0838 «
«	—	$(Mg, Mn, Fe)_2 SiO_4$	. . . . .	0.0124 «
«	—	$Fe_4^{III}[SiO_4]_3$	. . . . .	0.0156 «
			<hr/> 0.1187	

Soviel SiO_2 , als dieser Quotientzahl entspricht, sollte also unseren Voraussetzungen gemäss zugeführt, und eine entsprechende Quantität SiO_2 müsste also in Bindung mit Alkalien und Thonerde als Alkalithonerdesilikat weggeführt worden sein.

¹ Bih. till Kg. Sv. Vet. Akad. Handl. B. 9, P. 274.

² Es verdient hier als Stütze dieser allerdings sehr hypothetischen Annahme bemerkt zu werden, dass in der Natronminette von Häö kein Eisenerz Fe_3O_4 vorhanden ist.

Zusammen wäre also von SiO_2 abgeführt: die gefundene Differenz $0.0434 + 0.1187 = 0.1621 \text{ SiO}_2$.

Von der Magmapartie, in welcher aus dem Laurdalitmagma bei den erwähnten Diffusionsprocessen ein Natronminettemagma entstand, müssten demnach im Ganzen hinweg diffundirt sein:



Diese Zahlen entsprechen fast genau der oben angenommenen Verbindung $\text{R}_2\text{Al}_2\text{Si}_4\text{O}_{12}$, welche Verbindung 0.1614 SiO_2 anstatt 0.1621 fordern würde, eine Differenz, welche nur 0.04% SiO_2 entspricht.

Ob nun diese Verbindung in der That als $\text{R}_2\text{Al}_2\text{Si}_4\text{O}_{12}$, *Rosenbusch's* Kern η , oder vielleicht eher als zwei Verbindungen $\text{R}_2\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_8$ und $\text{R}_2\text{Al}_2\text{Si}_6\text{O}_{16}$ in genau gleicher Menge zu deuten wäre, das lässt sich natürlich nicht sicher entscheiden. Es ist aber hier offenbar nicht wahrscheinlich, dass eine basische Verbindung wie $\text{R}_2\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_8$ und eine saure Verbindung wie $\text{R}_2\text{Al}_2\text{Si}_6\text{O}_{16}$ nach derselben Richtung in genau stöchiometrischem Verhältniss hinweg diffundirt sein sollten, weshalb hier wohl die Annahme einer intermediären Verbindung $\text{R}_2\text{Al}_2\text{Si}_4\text{O}_{12}$ (*Rosenbusch's* Kern η) die wahrscheinlichere wäre.

Die obigen, wie es scheint, ziemlich gut begründeten Annahmen über die Diffusionsbewegungen, welche beim Entstehen eines Natronminettemagmas, wie das von Håö (auch von Asbjörnsröd etc.), aus einem Laurdalitmagma stattgefunden haben, führten für die abgeführte SiO_2 -Menge auf eine der Verbindung $\text{R}_2\text{Al}_2\text{Si}_4\text{O}_{12}$ stöchiometrisch genau entsprechende Proportion. Dies scheint für die ganze Betrachtung der Spaltungsvorgänge bei der Bildung des Ganggefolges aus dem Hauptmagma von Bedeutung.

In erster Linie wichtig bei dieser Betrachtung der Differentiationserscheinungen ist die Annahme, dass die Entstehung des Gangmagmas aus dem Hauptmagma dadurch zu erklären sei, dass gewisse stöchiometrische Verbindungen hinzu diffundirt, während gleichzeitig andere abgeführt worden wären.

Dies ist an und für sich eine ganz wahrscheinliche Annahme; wenn veränderte Verhältnisse einer gewissen Magmapartie (z. B. Abkühlung längs der Grenzfläche) geänderte Gleichgewichtsbedingungen hervorgerufen haben, wodurch auch die Löslichkeitsverhältnisse geändert werden müssten, so müsste eben erwartet werden, dass, wenn gewisse (unter den geänderten Umständen weniger lösliche) Verbindungen nach dieser Magmapartie hinzu diffundirten, gleichzeitig andere (unter Umständen leichter lösliche) von derselben hinweg diffundirten, bis Gleichgewicht wieder eintreten könnte. Eine derartige doppelte Diffusions-

strömung in entgegengesetzten Richtungen muss offenbar auch bei dem Entstehen der verschiedenen chemischen Zusammensetzung der Saalbänder und der Gangmitte bei *gemischten Gängen* angenommen werden.

So muss offenbar bei der Bildung der basischen Randzone der Glimmersyenitporphyrgänge des Typus Huk-Nakholmen¹ eine derartige *doppelte Diffusion, nach der Grenzfläche hin und von derselben hinweg* stattgefunden haben. Die Grenzzone ist angereichert mit Eisenoxyden, MgO und CaO sammt Al_2O_3 (auch mit P_2O_5) und ärmer an K_2O und SiO_2 . Obwohl der etwas zersetzte Zustand dieses Gesteines mit Reichthum an Carbonaten und Chlorit es nicht erlaubt, einen genauen quantitativen Ausdruck für die Relationen der einzelnen zugeführten und wegdiffundirten Bestandtheile zu finden, so ist es doch schon aus einer ungefähren Rechnung höchst wahrscheinlich, dass die nach entgegengesetzten Richtungen diffundirten Verbindungen jedenfalls z. Th. zusammengesetzte Verbindungen gewesen sind, wenn auch wahrscheinlich ein Theil der Eisenoxyde als solche längs der Alkühlungsfläche concentrirt wurden. Diese Verbindungen müssen für die nach der Grenzfläche hin diffundirten Bestandtheile ausser Mg- und Fe-Silikaten (und Calciumphosphat, Apatit) namentlich Anorthitsilikat, $\text{CaAl}_2\text{Si}_2\text{O}_8$, und für die von derselben hinwegdiffundirten: Kalifeldspathsilikat, $\text{K}_2\text{Al}_2\text{Si}_6\text{O}_{16}$, gewesen sein, was mit grosser Wahrscheinlichkeit hervorgeht aus der Proportion der gleichzeitigen Anreicherung mit CaO und Al_2O_3 in der Grenzzone und aus den Proportionen von K_2O , Na_2O , CaO und Al_2O_3 im Grenzgestein und im Hauptgestein.²

Diese bei den intermediären gemischten Glimmersyenitporphyrgängen vom Huk-Nakholmen-Typus aus den Beziehungen der Grenzzone zum Hauptgestein hervorgehenden entgegengesetzten Diffusionsströmungen von basischen Fe-Mg-Verbindungen, basischem Calcium-Thonerde-Feldspathsilikat etc. nach der einen Richtung, und von sauren Alkali-Thonerde-Silikaten nach der entgegengesetzten scheinen nun in entsprechender Weise auch zur Erklärung der Beziehungen eines stark differenzirten Ganggefolges, wie dasjenige des Laurdalits, zum Hauptgestein herangezogen werden zu können, wie wir schon oben bei der Deutung der möglichen Entstehung des Natronminettemagmas aus dem Laurdalitmagma

¹ Siehe hierüber: W. C. B. Die silurischen Etagen 2 & 3, P. 285—288 (1882), Zeitschr. f. Kryst. B. 16, 1, P. 63—64 (1890); ferner *J. H. L. Vogt*, Geol. för. i Stockholm förhandl. B. 13, P. 483—489 (1891); W. C. B. Eruptivgest. d. Kristianiageb. I, P. 143 ff. und Anm.

² Da die Rechnung wegen der genannten Zersetzung des Gesteins keine ganz exacten Resultate geben konnte, halte ich für überflüssig dieselbe hier mitzutheilen.

angenommen haben. Schon von vorn herein musste für jede Erklärung der Grenzzonen gemischter Gänge oder der Grenzfaciesbildungen der Tiefengesteine einerseits und des Ganggefolges der Tiefengesteine andererseits der Anspruch auf eine Grundlage von einheitlichen Gesichtspunkten erhoben werden; diese Forderung scheint bei der oben versuchten Deutung erfüllt.

Kehren wir nach dieser Digression zu den Diffusionsprocessen zurück, durch welche wir das Natronminettemagma aus dem Laurdalit abzuleiten versuchten. Es ist dann auch von Interesse zu untersuchen, welche Zusammensetzung der dem entstandenen Natronminettemagma zunächst angrenzenden Magmaschicht zukommen würde. Die Durchschnittszusammensetzung dieser Schicht würde selbstverständlich davon abhängen müssen, wie mächtig dieselbe gewesen wäre, also eine wie grosse Quantität des der Grenzschrift benachbarten Laurdalitmagmas die bei der erwähnten Diffusion von dieser hinwegdiffundirten Verbindungen aufgenommen und die zu derselben hinzugeführten Verbindungen abgegeben hätte.

Wir können beispielweise zwei Fälle annehmen, erstens dass die Grenzschrift und die anstossende geänderte Magmaschicht gleich mächtig gewesen wären, zweitens dass die letztere die doppelte Mächtigkeit besessen hätte. Die daraus nach der vollgebrachten Diffusion entstandenen Mischungen würden dann folgende Zusammensetzungen erhalten haben:

1 Th. Laurdalit.	X_1	2 Th. Laurdalit.	X_2
SiO_2 0.9092 + 0.0434 = 0.9526		1.8184 + 0.0434 = 1.8618	
TiO_2 0.0175 ÷ 0.0069 = 0.0106		0.0350 ÷ 0.0069 = 0.0291	
Al_2O_3 0.1869 + 0.0404 = 0.2273		0.3738 + 0.0404 = 0.4142	
Fe_2O_3 0.0152 ÷ 0.0104 = 0.0048		0.0304 ÷ 0.0104 = 0.0200	
FeO 0.0433 ÷ 0.0359 = 0.0074		0.0866 ÷ 0.0359 = 0.0507	
MnO 0.0024 ÷ 0.0018 = 0.0006		0.0048 ÷ 0.0018 = 0.0030	
MgO 0.0495 ÷ 0.0390 = 0.0105		0.0990 ÷ 0.0390 = 0.0600	
CaO 0.0563 ÷ 0.0526 = 0.0037		0.1126 ÷ 0.0526 = 0.0600	
Na_2O 0.1237 + 0.0361 = 0.1598		0.2474 + 0.0361 = 0.2835	
K_2O 0.0515 + 0.0042 = 0.0557		0.1030 + 0.0042 = 0.1072	
P_2O_5 0.0052 ÷ 0.0029 = 0.0023		0.0104 ÷ 0.0029 = 0.0075	

Auf 100 berechnet entsprechen diese Quotientzahlen X_1 und X_2 folgenden Zusammensetzungen:

	X ₁ .	Foyait; Brathagen.	X ₂ .	Nephelinrhomben- porphyr; Vasvik.
SiO ₂	57.95	55.50	56.56	56.04
TiO ₂	0.86	0.50	0.89	0.65 (NB.)
Al ₂ O ₃	23.56	22.45	21.40	21.50
Fe ₂ O ₃	0.78	1.03	1.63	1.06
FeO	0.45	1.32	1.86	3.28
MnO	0.09	—	0.12	—
MgO	0.43	0.47	1.71	1.12
CaO	0.21	1.60	1.23	2.42
Na ₂ O	10.04	10.74	8.92	8.39
K ₂ O	5.31	5.48	5.12	5.03
P ₂ O ₅	0.32	—	0.56	—
H ₂ O	—	0.96	—	0.67
	100.00	100.05	100.00	100.16

Die Zusammensetzung X₁ entspricht, wie man sieht, einem an Fe-Mg-Ca-Verbindungen sehr armen Nephelinmagma, wie z. B. in manchen Foyaits des Lougenthales vorhanden. Zum Vergleich ist die Analyse des Foyaits von Brathagen nebenbei angeführt. Es verdient bei dieser Gelegenheit auch bemerkt zu werden, dass mit der Natronminette vom Walde zwischen Åsildsröd und Asbjörnsröd (welche wieder derjenigen von Håö sehr gleich ist) ein ähnlich zusammengesetzter Foyait zusammen vorkommt.

Die Zusammensetzung X₂ entspricht ebenfalls einem nephelinsyenitischen Magma, welches sich selbstverständlich aber dem Laurdalit-magma mehr nähert. Wir finden ganz ähnliche Mischungen in den Nephelinrhombenporphyren (auch im Ditroit von Bratholmen etc.); die Analyse des Nephelinrhombenporphyrs von Vasvik ist zum Vergleich nebenbei angeführt. Es kann wieder daran erinnert werden, dass in der Nähe der Natronminette vom Walde zwischen Asbjörnsröd und Åsildsröd in geringer Entfernung (bei Åsildsröd) auch ein Gang von Nephelinrhombenporphyr auftritt.

Aus der ganzen obigen Auseinandersetzung folgt somit, dass Natronminetten und Foyaite (resp. Nephelinrhombenporphyre und andere nephelinsyenitische Ganggesteine) als complementäre Gänge erwartet werden müssen, wenn die Entstehung der Natronminetten aus Laurdalitmagma durch die oben gegebenen theoretischen Betrachtungen über ihre Bildung erklärt werden kann; dies Resultat steht mit den Beobachtungen in bester Übereinstimmung.

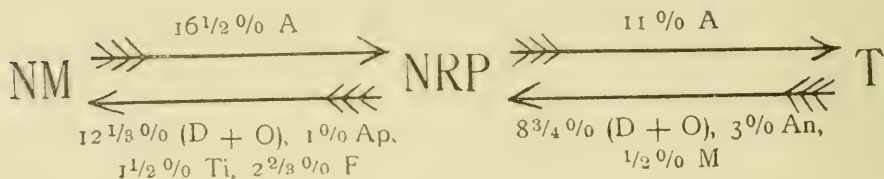
Wir könnten uns nun natürlich auch sehr wohl denken, dass die oben angedeuteten Diffusionsprocesse, — bei welchen in einer Richtung (nach der Abkühlungsfläche hin) bis zur Bildung eines Natronminette-magmas Mg-Fe-Verbindungen etc., in der entgegengesetzten Richtung Alkalithonerdesilikat (im vorliegenden Falle $R_2Al_2Si_4O_{12}$) diffundirte, — noch weiter gingen. Es wäre dann leicht zu zeigen, dass bei einem derartigen fortgesetzten continuirlichen Diffusionsprocess sich schliesslich auch *tinguaitische* (und sölsbergitische) Magmen bilden müssten. Es schien dies schon von vorn herein ganz wahrscheinlich, *weil Natronminetten, Foyaite oder Nephelinrhombenporphyre, und Tinguait oder Sölsbergite in verschiedenen gegenseitigen Proportionen offenbar complementäre Magmen darstellen*; das möglichst einfache Beispiel mit allen drei complementären Gliedern im Verhältniss 1 : 1 : 1 stellt die folgende Tabelle dar:

	Natron- minette; Häö.	Nephelin- rhomben- porphyr; Vasvik.	Aegirin- tinguait; Hedrum.	Mittel 1 : 1 : 1.	Laurdalit; N.v. Löve.	Diff.
SiO ₂ . . .	51.95	56.04	55.65	54.55	54.55	± 0.00
TiO ₂ . . .	1.95	0.65	Spur	0.87	1.40	+ 0.53
Al ₂ O ₃ . . .	14.95	21.50	20.06	18.84	19.07	+ 0.23
Fe ₂ O ₃ . . .	4.09	1.06	3.45	2.87	2.41	÷ 0.46
FeO . . .	5.70	3.28	1.25	3.41	3.12	÷ 0.29
MnO . . .	0.30	—	—	0.10	0.17	+ 0.07
MgO . . .	3.54	1.12	0.78	1.81	1.98	+ 0.17
CaO . . .	6.10	2.42	1.45	3.32	3.15	÷ 0.17
Na ₂ O . . .	5.43	8.39	8.99	7.60	7.67	+ 0.07
K ₂ O . . .	4.45	5.03	6.07	5.18	4.84	÷ 0.34
H ₂ O . . .	1.10	0.67	1.51	1.09	0.72	÷ 0.32
P ₂ O ₅ . . .	1.15	Spur	—	0.54(?)	0.74	+ 0.20
	100.71	100.16	99.21	100.18	99.82	

Ich will nun gar nicht behaupten, dass ein derartiger Fall (bei welchem also aus 3 Theilen Laurdalitmagma genau 1 Theil Natronminette-magma, 1 Theil Nephelinrhombenporphyrmagma und 1 Theil Tinguaitmagma bei der Differentiation entstanden wären) in der Natur thatsächlich realisiert sei; es wäre natürlich sogar sehr unwahrscheinlich, dass die Spaltung so genau gleiche Mengen der complementären Glieder liefern

sollte. Aber der Fall ist theoretisch möglich und als Beispiel bequem zum Rechnen.¹

Die ganze Rechnung hier in extenso zu liefern scheint überflüssig, da sie der oben vorgelegten Rechnung zur Erklärung des Entstehens des ersten der drei Glieder, der Natronminette, aus Laurdalitmagma genau entspricht. Da das Beispiel jedenfalls theoretisch ist, genügt es, eine schematische Darstellung des muthmaasslichen Diffusionsprocesses zu geben; in dem folgenden Schema bedeutet dann NM Natronminette gleich der von Håö), NRP Nephelinrhombenporphyr (gleich dem von Vasvik oder Asbjörnsröd) und T Aegirintinguait (gleich dem von Asbjörnsröd); ferner bedeutet: $A = R_2 Al_2 Si_4 O_{12}$ (Analcim-Leucitsilikat), $An = Ca Al_2 Si_2 O_8$ (Anorthitsilikat), $O = (Mg, Fe)_2 SiO_4$ (Olivinsilikat), $D = (Mg, Fe) Ca Si_2 O_6$ (Diopsidsilikat), $Ti = Ca Ti SiO_5$ (Titanitsubstanz), $Ap = Ca_5 F [PO_4]_3$ (Apatitsubstanz), $M = Fe_3 O_4$ (Magnetitsubstanz), $F = \overset{III}{Fe}_4 [SiO_4]_3$.



Das Schema versteht sich nach dem Obigen ohne weitere Erklärung; es stellt einen *continuirlichen Diffusionsprocess* dar, bei welchem die basischen Mg-Fe-Verbindungen, Kalkthonerdesilikat etc. nach der einen Richtung (dem Natronminettepol), und auf der anderen Seite das intermediäre Alkalithonerdesilikat $R_2 Al_2 Si_4 O_{12}$ nach der entgegengesetzten Richtung (dem Tinguaitpol) im Laurdalitmagma in den angegebenen Procentverhältnissen diffundirten, bis als Endresultat die drei genannten verschiedenen Theilmagmen entstanden.

Obwohl ich selbst wiederholt mit Nachdruck darauf aufmerksam machen muss, dass diese ganze versuchsweise Berechnung ganz hypothetisch ist, schien es mir doch der Mühe werth die Rechnung durchzuführen und das Endresultat in schematischer Darstellung vorzulegen.

Und so viel scheint doch wahrscheinlich, dass die auch bei diesem Versuch gewonnene Erfahrung, dass die basischen Fe-Mg-Ca-Silikate einerseits und die *sauren* Alkali-Thonerde-Silikate andererseits *sich bei*

¹ Es kann übrigens daran erinnert werden, dass drei entsprechende Mischungen von Natronminette, Nephelinrhombenporphyr und Tinguait thatsächlich zwischen Asbjörnsröd und Äsildsröd in Hedrum nahe bei einander auftreten.

der Differentiation in entgegengesetzter Richtung bewegt haben müssten, einem allgemeinen (jedenfalls bei gewissen Magmen) gesetzmässigen Verhältniss entspricht, welches sich z. B. im Kristianiagebiet auch aus dem Studium der Grenzzonen zahlreicher Gangmassen, sowie der Grenzfacies zahlreicher Tiefengesteinsmassive ergibt. Als ein sehr auffallendes Ergebniss muss das bei der Berechnung erhaltene Resultat angesehen werden, dass die Alkali-Thonerde-Verbindung, welche bei der Differentiation nach dem saureren Theil des Magmas diffundirt hätte, der Verbindung $R_2Al_2Si_4O_{12}$, einem der *Rosenbusch'schen* Hauptkerne entsprochen hätte. Wir werden auch im Folgenden wiederholt auf diesen «Kern» stossen.

Wenn nun auch die drei genannten Gänge wahrscheinlich in Wirklichkeit gar nicht als complementäre Mischungen in der dargestellten Weise aus dem Laurdalitmagma abgespaltet sind, — so zeigt das Obige jedenfalls, dass dieselben bestimmte stöchiometrische Relationen gegenseitig und zum Laurdalit erweisen, welche an und für sich wohl auf nahe genetische Beziehungen deuten; in so fern beleuchtet die obige Auseinandersetzung jedenfalls die chemische Verwandtschaft derselben unter sich und mit dem Laurdalit, auch ganz unabhängig davon, ob ihre Gangtypen in der versuchten Weise oder anders aus dem Laurdalitmagma abgespaltet sind.

Die Gänge, deren Relationen zum Laurdalitmagma wir eben betrachtet haben, zeigten alle noch immer intermediäre Mischungen, welche relativ weniger von der Zusammensetzung des Hauptmagmas entfernt waren. Wenn wir nun in ähnlicher Weise versuchen, auch für die mehr extremen Glieder des Ganggefolges eine ähnliche Ableitungsmethode nach der Differentiationshypothese zu benützen, stossen wir auf grössere Schwierigkeiten.

Wir könnten hier z. B. versuchen, die oben P. 244 erwähnten complementären Gänge von Heum auf derartige Weise abzuleiten; da aber dies Beispiel, welches wahrscheinlich einem Complex von thatsächlich complementären Gängen entspricht, eine ziemlich mühsame Rechnung geben würde, will ich wieder — was zu gleichen allgemeinen Resultaten führt — ein paralleles aber einfacheres Beispiel eines theoretisch möglichen, wenn auch in der Natur kaum realisirten complementären Gangcomplexes benutzen, welches wieder den Vortheil bietet, dass die drei complementären Glieder im Verhältniss 1 : 1 : 1 aus 3 Theilen Laurdalitmagma entstanden gedacht werden können.

Ein derartiger einfacherer complementärer Gangcomplex mit extremen Gliedern der oben nachgewiesenen drei Hauptgruppen des Ganggefolges

bietet das folgende Beispiel dar, in welchem zwei der Glieder dieselben extremen Mischungen wie im Beispiel der complementären Gänge von Heum darstellen, während der Foyait in diesem Beispiel durch die verwandte alkali-thonerde-reichere Mischung des Nephelinporphyrs ersetzt ist; die Übereinstimmung des berechneten Mittels mit der typischen Laurdalitmischung zeigt die theoretische Berechtigung dazu, den betreffenden Complex als einen möglichen complementären Gangcomplex zu betrachten.

	<i>Heumit;</i> Heum.	<i>Nephelin-</i> <i>porphyr;</i> Lougen- thal.	<i>Lesti-</i> <i>warit;</i> Kvelle.	<i>Mittel</i> 1 : 1 : 1.	<i>Laurdalit;</i> N. v. Löve.	Diff.
SiO ₂ . .	47.10	50.63	66.50	54.74	54.55	÷ 0.19
TiO ₂ . .	1.75	0.90	0.70	1.12	1.40	+ 0.28
Al ₂ O ₃ . .	16.42	24.00	16.25	18.89	19.07	+ 0.18
Fe ₂ O ₃ . .	4.63	2.33	2.04	3.00	2.41	÷ 0.59
FeO . .	7.04	2.21	0.19	3.14	3.12	÷ 0.02
MnO . .	0.36	—	0.20	0.19	0.17	÷ 0.02
MgO . .	5.00	1.54	0.18	2.25	1.98	÷ 0.27
CaO . .	7.64	2.13	0.85	3.54	3.15	÷ 0.39
Na ₂ O . .	6.36	11.36	7.52	8.41	7.67	÷ 0.74
K ₂ O . .	3.47	4.39	5.53	4.46	4.84	+ 0.38
H ₂ O . .	0.40	0.63	0.50	0.51	0.72	+ 0.21
P ₂ O ₅ . .	0.48	0.28 (?)	Spur	0.32	0.74	+ 0.42
	100.65	100.40	100.46	100.67	99.82	

Über die Beziehungen des sauersten der beiden extremen Glieder dieses möglichen complementären Gangcomplexes, des Lestiwarits, wurde schon oben bemerkt, dass es theoretisch möglich wäre, seine Mischung in verschiedener Weise aus dem Laurdalitmagma abzuleiten. Nach den jetzt gewonnenen Erfahrungen ist aber offenbar die einfachste und natürlichste Annahme die, dass auch derartige saure Theilmagmen durch gleichzeitiges Zuführen und Wegführen von stöchiometrischen zusammengesetzten Verbindungen entstanden sind, welche nach entgegengesetzter Richtung diffundirt haben; die einfachste Annahme ist dann nach den gewonnenen Erfahrungen wieder, dass basische Silikate nach der einen, saure nach der entgegengesetzten Richtung diffundirt haben müssten.

Ich habe nun der Einfachheit wegen im Folgenden aus den Quotientzahlen die entsprechenden Procentzahlen berechnet.

Denken wir uns aus einem Theil Laurdalitmagma wegdiffundirt folgende *basischen* Verbindungen:

	19.16 %	Nephelinsilikat	(8.53 SiO ₂ , 6.40 Al ₂ O ₃ , 3.37 Na ₂ O, 0.86 K ₂ O)
16.77	7.14 »	Anorthitsilikat	(3.08 SiO ₂ , 2.62 Al ₂ O ₃ , 1.44 CaO)
	7.01 »	(Mg, Fe) ₂ SiO ₄	(2.47 SiO ₂ , 1.80 MgO, 2.74 FeO)
	1.68	Apatit	(0.74 P ₂ O ₅ , 0.87 CaO, 0.07 F)
	0.94 »	Eisenerz	(0.42 Fe ₂ O ₃ , 0.19 FeO, 0.33 TiO ₂)
	35.93 %		

und gleichzeitig zugeführt von *sauren* Alkalifeldspathsilikaten:

26.43	Na ₂ Al ₂ Si ₆ O ₁₆	(SiO ₂ 18.49, Al ₂ O ₃ 4.94, Na ₂ O 3.00)
10.29	K ₂ Al ₂ Si ₆ O ₁₆	(SiO ₂ 6.62, Al ₂ O ₃ 1.89, K ₂ O 1.74)
36.72		

so erhält man eine Lestiwaritzusammensetzung L₁, welche ziemlich genau der Zusammensetzung des analysirten Lestiwarits (L) entspricht:

	L ₁	L
SiO ₂	65.60	66.50
TiO ₂	1.07	0.70
Al ₂ O ₃	16.90	16.25
Fe ₂ O ₃	2.03	2.04
FeO	0.19	0.19
MnO	0.17	0.20
MgO	0.18	0.18
CaO	0.84	0.85
Na ₂ O	7.30	7.52
K ₂ O	5.72	5.53
P ₂ O ₅	Spur	Spur
	100.00	99.96

Wenn in der berechneten Zusammensetzung L₁ der SiO₂-Gehalt kleiner, der Al₂O₃-Gehalt höher ist, muss bemerkt werden, dass wie schon oben angeführt, die Lestiwaritanalyse selbst sich nicht berechnen lässt ohne die Annahme eines höheren Al₂O₃-Gehaltes und eines niedrigeren SiO₂-Gehaltes.

Wir sehen, dass selbst das sauerste aller Ganggesteine der Laurdalitgefugschaft sich aus dem Laurdalitmagma selbst deriviren lässt

ohne die Annahme, dass freie SiO_2 bei der Differentiation zugeführt worden wäre, wenn nur Nephelinsilikat und Anorthitsilikat mit den basischen (Mg, Fe)-Silikaten zusammen wegdiffundirt, während gleichzeitig saure Alkalifeldspathsilikate zugeführt wären. Da, wie gesagt, *in keinem einzigen Ganggestein der Laurdalitgefolgschaft freie SiO_2 in grösserer Menge* (kaum 1—5 % in gewissen Sölvsbergiten und Lestiwariten) *vorkommt*, scheint die Entstehung des Lestiwaritmagmas, wenn man überhaupt die Differentiationshypothese anerkennt, kaum anders erklärbar, als durch Diffusionsvorgänge *ungefähr* wie in der obigen Berechnung angenommen.

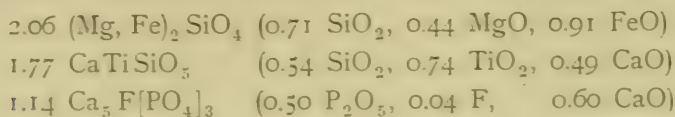
Es ist nun von Interesse zu untersuchen, welche Zusammensetzung die angrenzende Schicht von Laurdalitmagma besitzen sollte, welche also mit den genannten basischen Verbindungen angereichert und eines wesentlichen Theils ihrer sauren Bestandtheile beraubt worden wäre. Die Zusammensetzung einer in dieser Weise aus dem Laurdalitmagma entstandenen Mischung (Q) wäre (abgesehen vom Wassergehalt):

42.95 SiO_2 , 2.10 TiO_2 , 21.08 Al_2O_3 , 2.81 Fe_2O_3 , 6.05 FeO , 0.17 MnO ,
3.78 MgO , 5.45 CaO , 7.82 Na_2O , 4.15 K_2O , 0.74 P_2O_5 .

Diese complementäre Mischung entspricht keinem bekannten Ganggestein aus der Gefolgschaft des Laurdalits; dieselbe wäre jedoch gar nicht undenkbar, da sie ungefähr eine Ijolith-Zusammensetzung besitzt. Da dieselbe aber an keiner Stelle mit Lestiwariten des südnorwegischen Nephelinsyenitgebietes zusammen beobachtet worden ist, scheint mir dieses Ergebniss vorläufig dahin gedeutet werden zu müssen, dass gleichzeitig mit der Abspaltung des Lestiwaritmagmas *nicht bloss ein einziges complementäres Magma, sondern mehrere solche gebildet worden sein müssen*, was auch die allgemeine Erfahrung zu bestätigen scheint.

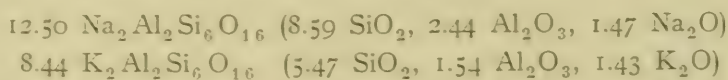
Wir wollen dann das zweite Glied des oben zum Beispiel gewählten möglichen complementären Complexes, den Nephelinporphyr, in ähnlicher Weise aus dem Laurdalitmagma ableiten. Es wurde früher gezeigt, dass seine Mischung sich einfach als ein Additionsprodukt von Nephelinsilikat und Laurdalitmagma procentisch deuten lässt; nach den jetzt gewonnenen Erfahrungen ist es aber wahrscheinlicher, dass thatsächlich sein Magma durch gleichzeitiges Zuführen und Wegführen von stöchiometrischen Verbindungen, die nach verschiedenen Richtungen diffundirten, aus dem Laurdalitmagma entstanden ist.

Denken wir uns aus einem Theil Laurdalitmagma folgende *basischen* Verbindungen abgespalten:



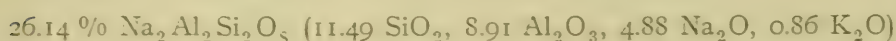
Summe 4.97 %

ferner folgende *sauren* Silikate abgespaltet:



Summe 20.94 %

sowie gleichzeitig *zugeführt* von basischem Nephelinsilikat:



so erhält man eine Nephelinporphyrzusammensetzung NP_2 , welche ziemlich genau der (corrigirten) Analyse des analysirten Vorkommens (NP) entspricht:

	NP ₂	NP
SiO ₂	51.27	50.63
TiO ₂	0.66	0.90
Al ₂ O ₃	24.11	24.00
Fe ₂ O ₃	2.33	2.33
FeO	2.21	2.21
MnO	0.17	—
MgO	1.54	1.54
CaO	2.06	2.13
Na ₂ O	11.08	11.36
K ₂ O	4.33	4.39
P ₂ O ₅	0.24	0.28 (?)
	100.00	99.77

Diese Berechnung setzt somit voraus, dass nach dem angrenzenden Magma die Verbindungen der (zuerst auskrystallisirenden) accessorischen Mineralien und des Olivinsilikates, und nach einem anderen angrenzenden Magmatheil in *entgegengesetzter* Richtung die sauren Alkalifeldspath-silikate wegdiffundirt wären, während Nephelinsilikat zugeführt worden wäre. Wenn diese Auffassung richtig wäre, hätten also die sauren Alkalithonerdesilikate (Feldspathmoleküle) und das basische Alkalithon-erdesilikat (Nephelinmolekül) unabhängig von einander nach verschiedenen Richtungen diffundirt, eine Annahme, welche auch bei der Ableitung des Lestiwarits erforderlich war. Wenn diese Annahme

nothwendig befunden werden sollte, würde das eine weitere Bestätigung dafür liefern, dass die Alkalien, die Thonerde etc. nicht als solche, sondern in zusammengesetzten Verbindungen als Silikate diffundirt haben müssen.

Oben wurde nun gezeigt, dass der Nephelinporphyr als ein Additionsprodukt von Laurdalitmagma und ca. $31\frac{1}{2}\%$ Nephelinsilikat aufgefasst werden konnte; wir könnten das auch so ausdrücken, dass in 99.10 Theilen Nephelinporphyr entsprechend 23.83 Theile aufgenommenes Nephelinsilikat vorhanden sein musste; wir haben jetzt gesehen, dass wir die Entstehung des Nephelinporphyrmagmas aus Laurdalitmagma auch auf gleichzeitiges Aufnehmen und Abgeben von verschiedenen stöchiometrischen Verbindungen zurückführen können.

Es liessen sich nun die bei der gleichzeitigen Bildung von Lestiwaritmagma und Nephelinporphyrmagma stattgefundenen Vorgänge so deuten, dass von den bei dem Abspalten des ersteren (unter gleichzeitiger Aufnahme von *sauren* Feldspathsilikaten) abgegebenen basischen Verbindungen *ein* Theil — das Nephelinsilikat — nach einer in Spaltung begriffenen Laurdalitmagmapartie diffundirte, wo schliesslich ein *Nephelinporphyr*magma resultirte, während der andere Theil der abgegebenen basischen Verbindungen (wesentlich Anorthitsilikat und Olivinsilikat) *weiter* diffundirte nach einer Partie des Laurdalitmagmas, wo sich (unter gleichzeitigem Abgeben saurer Alkalifeldspathsilikate für die Bildung des Lestiwaritmagmas) *wesentlich die Bestandtheile der basischen alkalifreien Mineralien concentrirten*.

Wir hätten dann nur die von denjenigen Theilen des Laurdalitmagmas, wo Lestiwarit und Nephelinporphyr als Endprodukte der Differentiation resultirten, abgespalteten Verbindungen, welche *nicht* gegenseitig zur Bildung von Lestiwarit und Nephelinporphyr abgegeben wurden, zu summiren, um die Zusammensetzung des *dritten* complementären Gliedes zu erhalten, indem daran erinnert werden muss, dass gleichzeitig auch umgekehrt von diesem Theil des Laurdalitmagmas zur Bildung von Nephelinporphyr und Lestiwarit andere Verbindungen abgegeben wurden.

Die Mengen sowohl der zugeführten als der abgespalteten Verbindungen ergeben sich dabei unmittelbar aus den oben bei der Ableitung des Nephelinporphyr und des Lestiwarits gefundenen Zahlen:

1) Zugeführt:

2.06	(Mg, Fe)O ₂ SiO ₄	(0.71 SiO ₂ , 0.44 MgO, 0.91 FeO)
7.01	—	(2.47 „ , 1.80 „ , 2.74 „)
9.07	—	3.18 „ , 2.24 „ , 3.65 „
0.94	Eisenerz	(0.42 Fe ₂ O ₃ , 0.19 FeO, 0.33 TiO ₂)
7.14	Ca Al ₂ Si ₂ O ₈	(3.08 SiO ₂ , 2.62 Al ₂ O ₃ , 1.44 CaO)
1.77	Ca TiSiO ₅	(0.54 SiO ₂ , 0.74 TiO ₂ , 0.49 CaO)
1.14	Ca ₅ F(PO ₄) ₃	(0.50 P ₂ O ₅ , 0.60 CaO, 0.04 F)
1.68	—	(0.74 „ , 0.87 „ , 0.07 „)
2.82	—	1.24 „ , 1.47 „ , 0.11 „

Summe: 21.74 Procent, enthaltend:

6.80 SiO₂, 1.07 TiO₂, 2.62 Al₂O₃, 0.42 Fe₂O₃, 3.84 FeO, 2.24 MgO,
3.40 CaO, 1.24 P₂O₅, 0.11 F.

2) Abgespaltet:

a) 6.98 Nephelinsilikat Na₂Al₂Si₂O₈ (2.96 SiO₂, 2.51 Al₂O₃, 1.51 Na₂O) abgegeben zur Bildung des Nephelinporphyrmagmas.

b) 13.93 Na₂-Al₂Si₆O₁₆ (9.58 SiO₂, 2.71 Al₂O₃, 1.64 Na₂O)
1.85 K₂-Al₂Si₆O₁₆ (1.21 „ , 0.33 „ , 0.31 K₂O)
abgegeben zur Bildung des Lestiwaritmagmas.

Summe: 22.76 Procent, enthaltend:

13.75 SiO₂, 5.55 Al₂O₃, 3.15 Na₂O, 0.31 K₂O.

Es verdient aber bemerkt zu werden, dass diese abgespalteten R₂O-Al₂O₃-Silikate *zusammen ziemlich genau einer Verbindung R₂Al₂Si₄O₁₂, dem Foyaitkern von Rosenbusch, entsprechen*, nur dass dieser 13.06 statt 13.75 SiO₂ gefordert haben würde. Ich halte es deshalb vorläufig für wahrscheinlich, dass hier eher ein Abspalten der *intermediären* Verbindung R₂Al₂Si₄O₁₂ (welche Annahme auch mit der Erfahrung von der Ableitung der Natronminetten etc. stimmt), als ein getrenntes Abspalten der basischen und der sauren R₂O-Al₂O₃-Silikate anzunehmen wäre; dass diese intermediäre Verbindung wieder nachträglich zerfallen sein müsste, spricht nicht gegen diese Annahme.

Die Zusammensetzung, welche nach dem Abspalten von diesen 22³/₄ % von R₂Al₂Si₄O₁₂ unter Aufnahme von ca. 21³/₄ % der oben

genannten basischen Verbindungen aus dem Laurdalitmagma resultirt wäre, ist (abgesehen von F und H_2O) folgende:

SiO_2 47.60, TiO_2 2.51, Al_2O_3 16.14, Fe_2O_3 2.83, FeO 6.96, MnO 0.17, MgO 4.22, CaO 6.55, Na_2O 4.52, K_2O 4.53, P_2O_5 1.24, Summe 97.27.

Auf 100 berechnet geben diese Zahlen folgende Zusammensetzung Hx:

	Hx
SiO_2	48.94
TiO_2	2.58
Al_2O_3	16.59
Fe_2O_3	2.91
FeO	7.16
MnO	0.18
MgO	4.34
CaO	6.73
Na_2O	4.64
K_2O	4.65
P_2O_5	1.28
	<hr/> 100.00

Diese Zusammensetzung stimmt ziemlich genau überein mit derjenigen des Heumits von Heum, obwohl in gewissen Beziehungen auch an die Natronminetten von Håö und Brathagen erinnernd; der *chemische Typus* ist derselbe, wenn auch im Einzelnen kleine Abweichungen vorhanden sind, wie auch nicht anders zu erwarten wäre.

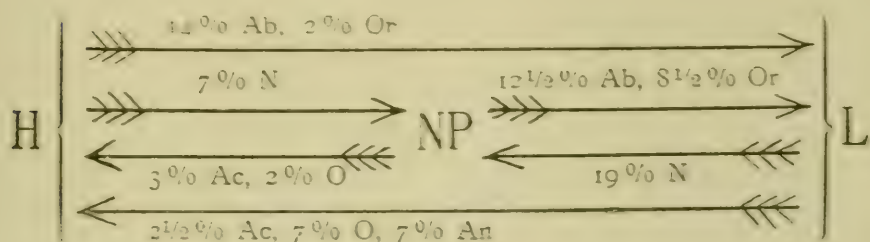
Wir sehen somit, dass aus $3 \times 99.10 = 297.30$ Theilen Laurdalitmagma bei einer Differentiation der angenommenen Art 100 Theile Lestiwaritmagma, 100 Theile Nephelinporphyrmagma und 97.27 Theile Heumitmagma sich bilden müssten; es muss dabei bemerkt werden, dass bei dem gewählten Verfahren alle grösseren Abweichungen sich auf das Heumitmagma summiren mussten; natürlich wäre es auch möglich gewesen, die Abweichungen auf alle drei Magmen gleichmässig zu vertheilen.

Selbstverständlich müssen wir uns die Vorgänge, durch welche wir aus dem Laurdalitmagma die genannten drei complementären Theilmagmen: Heumitmagma, Nephelinporphyrmagma und Lestiwaritmagma beispielsweise ableiteten, nicht als *nach* einander stattgefundene Processe, sondern als *zusammenhängende gleichzeitige Differentiationserscheinungen* vorstellen.

Wenn wir für die Ableitung dieses complementären Complexes, — wie für den oben erwähnten complementären Complex von Natronminette, Nephelinrhombenporphyr und Tinguait — die gedachten Diffusionsbewegungen durch ein Schema darstellen wollten, so würde ein solches nicht genau in der gleichen Weise graphisch dargestellt werden können, obwohl es auch hier möglich ist, eine analoge graphische Darstellung zu geben.

In diesem Schema der drei möglichen complementären Theilmagmen von Heumit (H), Nephelinporphyr (NP) und Lestiwarit (L) bedeuten:

N = wesentlich $R_2Al_2Si_2O_8$ (Nephelinsilikat), Ab = $Na_2Al_2Si_6O_{18}$ (Albitsilikat), Or = $K_2Al_2Si_4O_{14}$ (Orthoklassilikat), Ac = Verbindungen der accessorischen Mineralien, Apatit, Titanit, Eisenerz; An (Anorthitsilikat) und O (Olivinsilikat) hat dieselbe Bedeutung wie im Schema P. 290:



Wie schon erwähnt, entsprechen die vom Heumit (H) weg diffundierten Alkalithonerdesilikate zusammen ca. 23 0/10 des intermediären Silikats $R_2Al_2Si_4O_{12}$, was man natürlich auch im Schema ausdrücken könnte.

Vergleichen wir damit das Schema P. 290, so findet man in beiden auffallende Analogien; die Unterschiede gehen am deutlichsten unmittelbar aus dem Vergleich der beiden graphischen Darstellungen hervor.

Im ersten Falle umfasst der ganze Complex von complementären Gängen wesentlich *intermediäre Mischungen*, *keine extremen Glieder*; die Differentiation wäre hier weniger weit gegangen und *einfacher*, indem der ganze Process sich so darstellen lässt, dass die (Mg, Fe)-Silikate (Olivinsilikate) und die (Mg, Fe) Ca-Silikate (Diopsidsilikate, die letzteren vorherrschend), sowie die Verbindungen der accessorischen Mineralien nach dem einem Pol hin (wahrscheinlich der Abkühlungsfläche des Magmas) diffundirt hätten, während von diesem weg in entgegengesetzter Richtung die $R_2O-Al_2O_3$ -Silikate *in intermediärer Bindung* als der (vorläufig ungespaltene) «Kern» $R_2Al_2Si_4O_{12}$ diffundirt hätten. Die Magmen

NRP und T repräsentieren nur verschiedene Rest-Stadien dieses Differentiationsprocesses.

Bei dem *zweiten Differentiationstypus*, welcher in dem Schema der Bildung der drei Theilmagmen H, NP und L aus dem Laurdalit dargestellt ist, wären die Endresultate der Differentiation bei weitem mehr *extreme* Glieder. Hier sehen wir deshalb, dass während auch hier, wie im vorigen Falle, nach einem Pol (wahrscheinlich wieder die Abkühlungsfläche des Magmas) die (Mg, Fe)-Silikate (hier *nur* in der basischen Bindung als Olivinsilikat, nicht als saureres Diopsidsilikat) und die Verbindungen der accessorischen Mineralien, begleitet von Anorthitsilikat, $\text{Ca Al}_2\text{Si}_2\text{O}_8$, diffundirt haben müssten, *das intermediäre Alkali-Thonerde-Silikat* $\text{R}_2\text{Al}_2\text{Si}_4\text{O}_{12}$ *hier sich gespalten hätte* in basisches Nephelinsilikat, welches für die Bildung des alkalireichen Nephelinporphyrmagmas verbraucht wurde, und in saures Feldspathsilikat, welches nach dem sauren Pol von allen Theilen des Magmas hin diffundirte und zur Bildung des extrem leukokraten und recht sauren Lestivarits diente.

Die gewählten beiden Beispiele von Ganggruppen, welche als Grundlage der obigen Betrachtungen dienten, sind zwar nicht in der Natur als complementäre Ganggruppen sicher nachgewiesen, im Gegentheil, es muss a priori als unwahrscheinlich gelten, dass sie als solche angesehen werden können. Ich muss aber wieder hervorheben, dass Gangcomplexe, die den beiden der einfacheren Darstellung wegen gewählten Beispielen ganz analog sind, in der Natur beobachtet worden sind, und mit gutem Grund als complementäre Gangcomplexe aufgefasst werden können, so dass es auch möglich gewesen wäre, diese durch ganz ähnliche Betrachtungen aus dem Laurdalitmagma abzuleiten.

Die ganze Betrachtung des Ganggefolges des Laurdalits ergab schon vom ersten Anfang an, dass sich drei verschiedene complementäre Hauptmischungen in demselben auseinanderhalten lassen. Diese drei verschiedenen Hauptmischungen haben wir in mehr und weniger extrem differenzirten Beispielen aus dem Hauptmagma durch einfache, aus einer Reihe Beobachtungen gestützte Annahmen von Diffusionsbewegungen im Magma ableiten können. Die diffundirten Verbindungen wären nach der dabei behaupteten Auffassung stöchiometrische, zusammengesetzte Verbindungen gewesen, wesentlich relativ basische (Mg, Fe)-Silikate und Kalkthonerdefeldspathsilikat, welche sich mit den Verbindungen der accessorischen Mineralien an dem einen, melanokraten Pol concentrirten, während die intermediären und sauren Alkalithonerdesilikate nach entgegengesetzter Richtung diffundirten und hier die relativ sauren extrem

leukokraten Gangmischungen bildeten. In der Mitte müsste sich als das wesentlichste der drei complementären Hauptmischungen ein nephelinreiches (alkalireiches) Theilmagma bilden.

Der eine Kernpunkt der ganzen Hypothese ist die Annahme, dass die Verbindungen, welche bei der Differentiation des Magmas die Diffusionsbewegungen vermittelt haben, *der Hauptsache nach dieselben stöchiometrischen Verbindungen gewesen sind, welche wir in den Mineralien der Eruptivgesteine vorfinden.*

Ehe wir auf die Diskussion der übrigen Kernpunkte der Hypothese eingehen, scheint es angemessen, zuerst diese Hauptfrage näher zu beleuchten, indem wir eine Differentiationshypothese, welche in dieser Beziehung eine etwas abweichende Auffassung behauptet, nämlich die *„Kernhypothese“* von Rosenbusch, einer näheren Prüfung unterwerfen.

Die Kernhypothese von Rosenbusch.

Die kleine im Jahre 1889 erschienene Abhandlung «Über die chemischen Beziehungen der Eruptivgesteine» wird, wenn die Geschichte der Petrographie im nächsten Jahrhundert geschrieben wird, als eine bahnbrechende klassische Arbeit anerkannt werden. Sie ist reich an neuen Gesichtspunkten und wirft helle Lichtstrahlen dahin, wo früher dunkle Finsterniss herrschte; es wäre in hohem Grade ungerecht, dies nicht hervorzuheben und an die Spitze zu stellen, wenn man sich die Aufgabe stellt, die in dieser Abhandlung enthaltenen Anschauungen näher zu beleuchten. Denn wenn auch die von *Rosenbusch* aufgestellte *Erklärung* der chemischen Beziehungen vielleicht nicht genau in der von ihm gegebenen *Form* haltbar wäre, so darf nie vergessen werden, dass die bei weitem wichtigere thatsächliche Grundlage jeder Erklärung: die Feststellung der wichtigsten chemischen Relationen zwischen den Bestandtheilen der Eruptivgesteine und eine versuchsweise Gliederung derselben nach *chemischen Typen* hier in meisterhafter Kürze und in übersichtlicher Form wie niemals früher dargestellt ist. Auch dürfte es sich trotz aller kritischen Einwendungen gegen manche Einzelheiten seiner «*Kernhypothese*» schliesslich zeigen, dass dennoch gewiss ein grosser Kern von Wahrheit auch in der Hypothese selbst enthalten ist.

Die Hypothese geht, wie bekannt, von der Annahme aus, dass alle Eruptivmagmen durch Spaltung entstanden sind; zuerst durch Spaltung eines Urmagmas, dann nachträglich durch fortgesetzte Spaltungen der aus dem Urmagma abgespalteten Theilmagmen.

Diese Spaltungsprocesse sollten in der Weise zu charakterisiren sein, dass die im Urmagma (und später in den Theilmagmen) vorhanden gewesenen Verbindungen, welche *Rosenbusch* mit hauptsächlicher Berücksichtigung der in denselben enthaltenen Metallatome als «*Kerne*»

bezeichnet, theilweise nicht in einander löslich wären und deshalb unter veränderten Umständen aus ihrer früheren Mischung austreten müssten. Gewisse Eruptivgesteine sollen fast nur einen einzelnen Kern mit Ausschluss aller anderen enthalten und somit *reine* Magmen repräsentiren, andere enthalten noch Gemenge von mehreren Kernen und stellen *gemischte* Magmen dar.

In seiner Analyse der verschiedenen von ihm angenommenen Eruptivmagmen erwähnt *Rosenbusch* folgende einzelnen «Kerne»:

1. $(\text{Na}, \text{K})\text{AlSi}_3$ resp. (indem $\overset{\text{III}}{\text{Fe}}$ das Al ersetzt): $(\text{Na}, \text{K})\text{FeSi}_3$ (Egirkern).
2. CaAl_2Si_4 .
3. $\overset{\text{II}}{\text{R}}_2\text{Si}$ (Olivinkern) und $\overset{\text{II}}{\text{R}}\text{Si}$ (Pyroxenkern), wo $\overset{\text{II}}{\text{R}}$ wesentlich Fe und Mg.

Ausser diesen einzelnen Hauptkernen nimmt er noch als mehr zweifelhaft in den δ -Magmen vielleicht die Kerne CaSi oder MgCaSi_2 an, ferner in den ϑ -Magmen entweder einen Kern RAl_3 (Spinellkern) oder RAl_2Si oder endlich — was er als näher liegend vorzieht — vielleicht die Kerne NaAlSi (Nephelinkern) und CaAl_2Si_2 (Anorthitkern).

Diese Kerne setzen die einzelnen «Magmen», welche *Rosenbusch* als bestimmt charakterisirte Mischungen aufstellt, zusammen; er erwähnt folgende Magmentypen:

- A. Das Magma q , «bis zum fast vollständigen Ausschluss anderer Metalle» aus dem Kern $(\text{Na}, \text{K})\text{AlSi}_3$ bestehend. *Rosenbusch* nennt dies die Nephelinsyenite, Phonolithe und Leucitophyre charakterisirende Magma das *Foyaitmagma*. Es stellt nach *Rosenbusch* ein fast *reines* Magma dar.
- B. Dem Kern $\overset{\text{I}}{\text{R}}\text{AlSi}_3$ wird die Fähigkeit Si zu lösen zugeschrieben; derartige mit Si angereicherte q -Magmen werden als *granitische* Magmen, γ , bezeichnet; γ stellt ein *gemischtes* Magma dar, welches die Alkaligranite, Alkalisyenite und entsprechende Ergussgesteine charakterisirt.
- C. Die *granito-dioritischen* Magmen, δ , werden charakterisirt als Mischungen der Kerne $(\text{Na}, \text{K})\text{AlSi}_3$ und CaAl_2Si_4 mit geringerer Einmischung der Kerne $\overset{\text{II}}{\text{R}}_2\text{Si}$ und $\overset{\text{II}}{\text{R}}\text{Si}$, ausserdem zum Theil mit aufgelöstem Si; endlich sollten hier in diesen Magmen auch zum Theil die Kerne CaSi oder CaMgSi_2 vorhanden sein.

Die Mischung der Kerne $\overset{\text{II}}{\text{R}}_2\text{Si}$ und $\overset{\text{II}}{\text{R}}\text{Si}$ in den δ -Magmen sollte aus der Fähigkeit des Kerns CaAl_2Si_4 , dieselben zu lösen,

herzuleiten sein, während jene Kerne «in den Magmen φ und γ bis auf kleine Spuren fehlen».

Die δ -Magmen liefern die kalkhaltigen «Granite, Amphibol- und Augit-Granite mit ihren Abarten, die Syenite und dioritischen Gesteine nebst ihren Ergussformen». Sie sind *gemischte* Magmen.

- D. Die *Gabbro*-Magmen, ψ , bestehen vorherrschend aus den Kernen $\overset{\text{II}}{\text{R}}_2\text{Si}$ und $\overset{\text{I}}{\text{R}}\text{Si}$, zusammen mit den Kernen $\text{Ca Al}_2\text{Si}_4$ und $(\text{Na}, \text{K})\text{AlSi}_2$. Sie sind *sehr gemischte* Magmen.
- E. Die *Peridotit*-Magmen, π , bestehen ganz vorherrschend aus den Kernen $\overset{\text{II}}{\text{R}}_2\text{Si}$ und $\overset{\text{II}}{\text{R}}\text{Si}$, mit relativ geringer Beimischung der Alhaltigen Kerne. Sie sind zum Theil *fast reine* Magmen.
- F. Die *Theralit*-Magmen, ϑ , sind dadurch ausgezeichnet, «dass das Si nicht ausreicht um das Al nach Art der feldspathbildenden Kerne $(\text{N}, \text{K})\text{AlSi}_2$ und $\text{Ca Al}_2\text{Si}_4$ zu binden. *Rosenbusch* nimmt deshalb als das wahrscheinlichste an, dass in diesen Magmen «statt des Kernes Na AlSi_2 ein solcher von der Form Na AlSi (Nephelinkern), und in gewissen Fällen statt des Kernes $\text{Ca Al}_2\text{Si}$ ein solcher von der Form $\text{Ca Al}_2\text{Si}_2$ (Anorthitkern) aufträte».

In einer später gelieferten kurzen Übersicht (Mikr. Phys. B. II, 3. Aufl., P. 384—385; 1895—1896) seiner Kernhypothese hat *Rosenbusch* die in der Abhandlung von 1889 publicirte Eintheilung der Magmentypen ein wenig modificirt. Er stellt hier wesentlich *drei Hauptgesteinsreihen* auf:

1. Die durch Herrschaft des Kernes R AlSi_2 ausgezeichnete Reihe der foyaitischen Magmen, φ , (Alkaligranite, Alkalisyenite, Nephelinsyenite und Leucitsyenite); an diese Reihe schliesst sich die Nebenreihe der theralithischen Magmen, ϑ , in welcher der Kern R AlSi_2 «in reichlicher Weise mit den Kernen RSi und R_2Si gemischt ist».¹ Diese Nebenreihe umfasst Essexite, Theralite, Shonkinite und Ijolithe. Beide Reihen werden kurz als die *foyaitischen* Reihen zusammengefasst.
2. Die zweite Hauptreihe, der *granitodioritischen* Magmen, δ , wäre durch die Mischung der Kerne R AlSi_2 und $\text{Ca Al}_2\text{Si}_4$ charakterisirt,

¹ Es scheint, dass *Rosenbusch* hier seine Ansicht über die Löslichkeit der Kerne R_2Si und RSi in dem φ -Kern modificirt haben muss; denn in der Abhandlung von 1889 sah er einen *fundamentalen Unterschied* zwischen den Magmengruppen δ einerseits und φ und γ andererseits darin, dass der Kern $\text{Ca Al}_2\text{Si}_4$ befähigt wäre, grössere Mengen der Kerne R_2Si oder RSi zu lösen, während diese Fähigkeit dem Kern R AlSi_2 fehlen sollte.

Diese *granitodioritische Reihe* umfasst die gewöhnlichen Alkalikalk-Granite und Syenite, sowie die Quarzdiorite und Diorite.

3. Die dritte Hauptreihe, der *Gabbromagmen*, ψ , und der *Peridotitmagmen*, π , «zeigt stark abnehmende Menge des Kernes RAlSi_2 bei Zunahme des Kernes CaAl_2Si_4 und gleichzeitigem reichlicheren Eintritt der Kerne RSi und R_2Si , durch deren weiteres Anschwellen auch der Kern CaAl_2Si_4 allmählich verdrängt wird». Diese *Gabbro-Peridotit-Reihe* umfasst die Gabbrogesteine, die Peridotite, Pyroxenite etc.

In dieser neuen Übersicht werden somit ausschliesslich die Kerne RAlSi_2 , CaAl_2Si_4 , R_2Si und RSi erwähnt; die in der Abhandlung von 1889 erwähnten untergeordneten Hülfskerne werden hier gar nicht berührt.

Eine nähere Prüfung der Kernhypothese hat sich also wesentlich mit diesen vier Hauptkernen zu beschäftigen.

Rosenbusch nimmt selbst offenbar an, dass diese Kerne, welche «vollständig zur Ableitung der wichtigsten Mineralgemengtheile der Eruptivgesteine genügen», in den Gesteinsmagmen auf jedem Stadium vorhanden gewesen, und dass die stattgefundenen Spaltungen — seien sie primäre Abspaltungen der Theilmagmen der Tiefengesteine oder relativ secundäre Abspaltungen der Theilmagmen der Gang- und Ergussgesteine — überhaupt durch Austreten weniger oder mehrerer der genannten Kerne aus ihrer ursprünglichen Mischung zu erklären seien. Die Beweise für — oder gegen — die Richtigkeit der Kernhypothese wären deshalb durch das Studium der gegenseitigen Relationen entweder der Ergussgesteine oder der Ganggesteine zu entsprechenden Tiefengesteinen zu finden.

Die Kernhypothese hat sich in der Form, in welcher *Rosenbusch* dieselbe publicirt hat — und mit dieser Form wurde sie von ihm eng verknüpft — keiner allgemeinen Zustimmung erfreuen können; die meisten Forscher, welche auf diesem Gebiete gearbeitet haben, haben sich ihr gegenüber sehr reservirt verhalten, auch hat sie von mehreren Seiten eine scharfe Kritik erlitten.

Da die Kernhypothese, so wie sie von *Rosenbusch* dargestellt wurde, in mehreren Beziehungen Consequenzen nach sich zieht, welche theilweise mit meinen Erfahrungen aus dem Kristianiagebiet nicht stimmen, so scheint es mir durchaus nöthig, ihre Berechtigung einer näheren Prüfung zu unterwerfen; in allen Einzelheiten eine solche Prüfung durchzuführen, würde hier zu weit führen. Ich werde deshalb nur einige wesentliche Punkte der Kernhypothese näher betrachten.

Obwohl *J. Roth*¹, nach meiner Ansicht bewiesen hat, dass die von *Rosenbusch* berechneten Zahlen «AZ und MAZ für die Theorie der Eruptivgesteine keine grössere Bedeutung beanspruchen können» und seine ganze Berechnungsweise der Analysen mir ziemlich umständlich scheint ohne entsprechend nützlich zu sein, werde ich doch im Folgenden zum näheren Vergleich mit seinen Resultaten seine Darstellungsweise der Analysenresultate noch theilweise benutzen.

Zuerst wollen wir einzelne der Kerne selbst vornehmen; als erstes Object der Betrachtung bietet sich dann der Kern $\overset{I}{R}AlSi_2$ der foyaitischen Magmen dar. Es ist, wie *J. Roth* bemerkt, schon an und für sich auffallend, dass dieser Kern fast immer zerfallen sollte, indem das einzige demselben direct entsprechende Mineral, der Leucit, nur eine sehr beschränkte Verbreitung besitzt (das Vorkommen von Analcim als primäres Mineral in Eruptivgesteinen ist zweifelhaft und jedenfalls auch sehr beschränkt). Dies Zerfallen bei der Krystallisation, in $\overset{I}{R}AlSi$ und $\overset{I}{R}AlSi_3$ ist nicht näher erklärt, und es fragt sich, wesshalb es nicht ebenso berechtigt wäre, in der Regel das *ursprüngliche* Vorhandensein der Verbindungen $\overset{I}{R}AlSi$ und $\overset{I}{R}AlSi_3$, die Verbindung $RAlSiO_2$ anzunehmen?

Was nun die Verbindung $\overset{I}{R}AlSi$ betrifft, so hat *Rosenbusch* selbst dieser nicht völlig entbehren können, indem er dieselbe als wahrscheinlich in seinen *g*-Magmen auftretend angenommen hat; sie sollte aber jedenfalls eine ganz untergeordnete Rolle spielen und wurde von *Rosenbusch* nicht als in den Nephelinsyeniten vorhanden angenommen.

Der Beweis für die Nothwendigkeit der allgemeinen Annahme des Kerns $\overset{I}{R}AlSi_2$ anstatt $\overset{I}{R}AlSi$ und $\overset{I}{R}AlSi_3$ in den *g*-Magmen sollte natürlich in der Berechnung der Analysen der nephelinsyenitischen Gesteine liegen.

Die Rechnung lehrt aber, dass — wenn man sich nicht mit ganz oberflächlicher Übereinstimmung begnügt — manche Nephelinsyenite gar nicht mit der Annahme eines Kerns $\overset{I}{R}R\overset{III}{Si}_2$ allein, ohne Zusatz von anderen Alkali-Thonerde-haltenden Kernen sich berechnen lassen. Für Nephelinsyenite mit 54 bis 56 % SiO_2 ist die Übereinstimmung in der Regel genügend, aber für saurere wie für basischere Nephelinsyenite lässt sich häufig keine befriedigende Übereinstimmung der durch die Analyse gefundenen und der berechneten Zahlen erreichen.

¹ «Die Eintheilung und die chemische Beschaffenheit der Eruptivgesteine»; Zeitschr. d. deutsch. Geol. Gesellsch. 1891, P. 41.

Nun entgeht *Rosenbusch* allerdings für die saureren Nephelinsyenite der Schwierigkeit dadurch, dass dem Kern q die Fähigkeit zugeschrieben wird, SiO_2 zu lösen. Man müsste somit die Hypothese von der Bedeutung des Kerns RAlSi_2 bei den basischen Nephelinsyeniten prüfen. Auch hier entzieht sich aber die Hypothese in manchen Fällen der Kontrolle, indem neben den Alkalithonerdesilikaten ja auch (Mg, Fe) -Verbindungen auftreten; wenn diese bei den basischen Gliedern der Nephelinsyenitserie wesentlich auf einen basischen Kern R_2Si , bei den saureren dagegen auf einen saureren Kern RSi berechnet werden, lässt sich noch in vielen Fällen eine Berechnung des Alkalithonerdesilikats auf einen q -Kern aufrecht halten, ohne dass die Berechtigung einer derartigen Berechnung kontrolliert werden kann. Man muss deshalb der Serie weiter nach dem basischen Ende hin folgen. Thut man dies, so lässt sich ohne Schwierigkeit eine Anzahl Beispiele auffinden, in welchen die Annahme eines Kerns RAlSi_2 absolut nicht mehr ausreicht, um die Zusammensetzung der betreffenden Gesteine zu erklären, wo also eine Verbindung RAlSi (Nephelinkern) sogar ganz und gar vorherrschend sein muss.

Als ausgezeichnetes Beispiel soll hier das von *W. Ramsay* neuerdings beschriebene¹ interessante Gestein *Urtit* zuerst erwähnt werden. Dies aus ca. 82 bis 86 % Nephelin, 16 bis ca. 12 % Aegirin und ca. 2 % Apatit bestehende merkwürdige Tiefengestein, aus dem grössten bis jetzt beobachteten, durch *Ramsay's* und *Hackmanns* ausgezeichnete Untersuchungen bekannten Nephelinsyenitgebiete der Halbinsel Kola, erweist in Mittel I aus drei Analysen von *A. Ziliacus*, *W. Petersson* und Fräulein *N. Sahlbom* folgende Zusammensetzung¹, welche in nebenstehender Columnne I a wasserfrei auf 100 berechnet ist:

	I	I a	II	II a
SiO_2	45.39	45.83	76.38	54.13
Al_2O_3	27.62	27.89	27.73	19.65
Fe_2O_3	3.65	3.68	2.30	1.63
FeO	0.50	0.51	} 0.83	0.59
MnO	0.10	0.10		
MgO	0.18	0.18		
CaO	1.72	1.74	3.11	2.20
Na_2O	16.17	16.33	26.34	18.66
K_2O	3.71	3.74	3.98	2.82
H_2O	0.28	—	Zahl. 141.12 100.00	
	99.32	100.00		

¹ *W. Ramsay*. «Urtit, ein basisches Endglied der Augitsyenit-Nephelinsyenit-Serie». Geol. För. i Stockholm Förh. B. 18, P. 459 (1895).

In obiger Tabelle sind ferner nach *Rosenbusch's* Vorgang die Molekularquotienten (multiplicirt mit 100) und die daraus abgeleitete Zahl in Columnne II, ferner in II a die auf 100 berechneten Molekularquotienten angeführt.

In der folgenden Tabelle sind nun ferner die aus dem Molekularquotienten berechneten Metallatome in der Columnne III, und dieselben auf 100 berechnet in III a angeführt; ich habe (zum Unterschied von *Rosenbusch*) dabei Fe^{III} und Fe^{II} besonders berechnet.

	III	III a
Si	76.38	37.91
Al	55.46	27.52
Fe^{III}	4.60	2.28
Fe^{II} (Mn)	0.83	0.43
Mg	0.45	0.22
Ca	3.11	1.54
Na	52.68	26.15
K	7.96	3.95
MAZ	201.47	100.00
AZ	479	

Wenn, wie schon *Rosenbusch* z. Th. gethan hat, Fe^{III} als Al^{II} ersetzend angesehen wird, kann diese Zusammensetzung auf folgende Weise berechnet werden.

Al	24.58	} 73.72 Na Al Si
Na	24.56 ¹	
Si	24.58	
Fe^{III}	2.28	} 21.84 (K, Na) (Al, Fe) Si ₂
Al	2.94	
K	3.95	
Na	1.59	
2Si	11.08	
Ca	0.65	} 2.60 Ca Mg Si ₂
Mg + Fe	0.65	
2Si	1.30	
Ca	0.89	} 1.78 Ca Si
Si	0.89	
Rest 0.06 Si.		

¹ Sollte sein 24.58.

² Sollte sein 5.54, fehlt also 0.32 (Al, Fe).

Die Analyse ist oben ungefähr im Sinne *Rosenbusch's* berechnet; die Berechnung hätte sich auch auf verschiedene andere Weise mit Benützung der *Rosenbusch's*chen Kerne durchführen lassen, — wie man aber auch rechnen will, so ist leicht einzusehen, dass *eine Verbindung Na Al Si*, *Rosenbusch's* Nephelin-Kern, *ganz vorherrschend sein muss*. Dies Resultat entspricht auch der Beobachtung im Gestein, dass hier der Nephelin nicht weniger als 82 bis 86 % der Gewichtsmenge ausmacht.

Ich für mein Theil kann die obige Berechnung, in welcher theilweise, wenn auch nur zum geringen Theil, eine Verbindung Na Al Si_2 vorhanden ist, aus Gründen, die aus dem folgenden ersichtlich werden, nicht als die wahrscheinlich richtigste ansehen. Mir dürfte z. B. die folgende Berechnung wahrscheinlicher sein:

Fe	2.28	}	Na Fe Si_2
Na	2.28		
2Si	4.56		
Ca	0.65	}	Ca Mg Si_2
Mg + Fe	0.65		
2Si	1.30		
Ca	0.89	}	Ca Si
Si	0.89		
K	3.95	}	K Al Si
Al	3.95		
Si	3.95		
Na	22.20	}	Na Al Si
Al	21.90 ¹		
Si	22.20		
Na	1.67	}	Na Al Si_3
Al	1.67		
3Si	5.01		

Die Berechnung kann nicht genau sein, da erstens $(\text{Na} + \text{K}) : (\text{Al} + \overset{\text{III}}{\text{Fe}})$ nicht genau gleich 1 : 1 ist, zweitens die im Apatit des Gesteins auftretende Phosphorsäure, welche einen Theil des CaO fordern würde, nicht bestimmt ist. Das kann Alles, jedoch im Ganzen nur wenig ausmachen;

¹ Sollte sein 22.20, indem 0.30 Al fehlt.

wesentlich ist, dass wahrscheinlich ausser den Verbindungen (Kernen) NaFeSi_2 , CaMgSi_2 , (CaSi?) und namentlich NaAlSi und KAlSi ¹ auch die Verbindung NaAlSi_3 (nach *Clarke* ist das Silikat $\text{Na}_3\text{Al}_3(\text{Si}_3\text{O}_8)_3$ im Nephelin mit dem Silikat $\text{Na}_3\text{Al}_3(\text{SiO}_4)_3$ isomorph, was auch mir sehr wahrscheinlich ist), — dagegen *nicht* der *Rosenbusch'sche* Kern NaAlSi_2 vorhanden ist.

Die Hauptsache bei der Berechnung des Urtits ist nun, dass durch dieselbe als nachgewiesen angesehen werden muss, dass in demselben das Al *nicht* (jedenfalls nur ganz untergeordnet) in einer Verbindung NaAlSi_2 an Na gebunden gewesen sein kann, *sondern dass hier eine Verbindung NaAlSi* (oder wie ich lieber schreiben möchte NaAlSiO_4 oder $\text{Na}_3\text{Al}_3(\text{SiO}_4)_3$) *vorherrschend sein musste*.

Nebenbei können wir auch die Zusammensetzung dieses «*Urtitmagma*» im ganzen etwas näher betrachten. Welchem der von *Rosenbusch* ausgeschiedenen Magmentypen sollte diese Zusammensetzung angehören? Dem Foyaitmagma φ gehört sie nicht an; denn bei diesem sollte ja der Kern $(\text{Na}, \text{K})\text{AlSi}_2$ «bis zum fast vollständigen Ausschluss anderer Metalle» herrschen, was, wie oben gesehen wurde, hier gar nicht der Fall ist; auch ist die Atomzahl für Si nur 37.9, während dieselbe bei den φ -Magmen kaum unter 50 herabsinken sollte. Auch mit den ϑ -Magmen stimmt seine Zusammensetzung nicht, denn für diese wäre z. B. ein bedeutender Gehalt an Ca und Mg charakteristisch, ebenso wäre die Atomzahl der ϑ -Magmen «durchweg niedrig» (bei den von *Rosenbusch* als typisch angeführten Analysen von Nephelintephrit, Nephelinit und Augitit 461, 465 und 459), was beim Urtit gar nicht zutrifft, indem bei diesem die Atomzahl AZ ja 479, also ebenso hoch wie bei den φ , γ und δ -Magmen ist.

Der Urtit ist somit überhaupt bei keinem der Magmen-Typen von *Rosenbusch* unterzubringen; ja es wäre nach seiner Auffassung eigentlich ein Gestein, «wie es sich am Ende der Reihe der Tiefengesteine nirgends findet».²

Nach der von mir vertretenen Auffassung der Zusammensetzung der Eruptivgesteine ist der Urtit ein Gestein, dessen Vorhandensein ich vorausgesagt hatte zu einer Zeit, als dasselbe noch nicht bekannt war, und dessen chemische Zusammensetzung ich voraus annähernd berechnet hatte.

¹ Ich nehme mit *Clarke* (The Constitution of silicates, Bull. of the Unit. St. geol. Surv. No. 125, P. 18) an, dass die K-Verbindung im Nephelin als Kaliophilitsilikat, $\text{K}_3\text{Al}_3(\text{SiO}_4)_3$ vorhanden ist.

² L. c. P. 155.

Es ist hier nach meiner Ansicht von Bedeutung, den Unterschied zwischen der Kernhypothese von Rosenbusch und meiner Auffassung der Differentiationslehre durch das vorliegende Beispiel näher zu beleuchten.

Indem *Rosenbusch* in seiner grundlegenden Abhandlung über die chemische Zusammensetzung der Eruptivgesteine mit Recht gegen die Auffassung polemisiert, dass die Eruptivgesteine als Glieder von *Mischungsreihen* aufzufassen wären, erkennt er nach meiner Ansicht die hohe Bedeutung des Studiums der *Gesteinsserien* überhaupt. Er erwähnt zuerst, wie man sich so gern die Eruptivgesteine als eine kontinuierliche, nach dem Kieselsäuregehalt geordnete Reihe denkt, und bemerkt nachher: «Es giebt weder in der vorliegenden Tabelle, noch unter all den bekannten Analysen zwei Endglieder, aus denen sich die Reihe auch nur mit annähernder Übereinstimmung zwischen Rechnung und chemischem Befund berechnen liesse. Besonders deutlich überzeugt man sich hiervon, wenn man etwa — — — die Eläolithsyenite ins Auge fasst. Der niedrige Gehalt der letzteren an SiO_2 stellt sie an das Ende der alkalireichen Gesteine und würde, wenn man ein granitisches Magma als den einen Pol annähme, eine kräftige Beimischung eines kieselsäurearmen Magmas verlangen, wie es sich am Ende der Tiefengesteine nirgends findet. Denn dieses SiO_2 -arme Magma müsste zugleich mehr als den doppelten Al_2O_3 und einen weit höheren Alkaligehalt als die Granite, dagegen fast keine zweiwerthigen Metalle enthalten. Ein solches Magma ist nirgends bekannt.»

Im Gegensatz zu dieser Auffassung habe ich in meiner Abhandlung über die Grorudit-Tinguait-Serie bei der näheren Charakteristik des *Serien-Begriffs* als eine der wichtigsten und auch für die Differentiationslehre bedeutungsvollsten Eigenschaften der Gesteinsserien ausdrücklich hervorgehoben, dass «*jedes Mittel einer Anzahl Glieder der Serie einem möglichen Glied der Serie annäherungsweise entsprechen muss*». ¹

Dass dies zutrifft, zeigte ich dann auch zuerst für die hypabyssische Grorudit-Tinguait-Serie, später habe ich dasselbe für andere Serien ² nachgewiesen. Was die der Grorudit-Tinguait-Serie analoge Tiefengesteinsreihe, die Natrongranit-Nordmarkit-Nephelinsyenit-Urtit-Serie betrifft, so war zwar ein basisches Endglied dieser Serie unbekannt, als die oben angeführte Eigenschaft der Serien fixirt wurde; ich schloss aber schon damals aus der Serie selbst, dass ein derartiges Endglied

¹ Grorudit-Tinguait-Serie l. c. P. 175.

² Eruptivgest. d. Kristianiageb. II, P. 27, 33, 37, 61, 62 a etc.

mit Endglied im Urtit existirt, lässt sich schon aus den vorhandenen Analysen nachweisen; in der folgenden Tabelle sind einige Glieder angeführt:

	I	II	III	IV	V	VI
SiO ₂ . . .	71.65	64.04	60.42	54.20	52.25	45.39
Al ₂ O ₃ . . .	13.04	17.92	19.23	21.74	22.24	27.62
Fe ₂ O ₃ (FeO						
& MnO . . .	4.81	3.28	4.22	3.11	5.24	4.53
MgO . . .	Spur	0.59	0.67	0.52	0.96	0.18
CaO . . .	Spur	1.00	1.73	1.95	1.54	1.72
Na ₂ O . . .	6.30	6.67	6.99	8.69	9.78	16.17
K ₂ O . . .	3.98	6.08	6.88	6.97	6.13	3.71
H ₂ O . . .	1.10	1.18	1.74	2.32	0.73	0.28

I Natrongranit von der Sägemühle bei Hougnessen, Loughness, Norwegen l. c.

II Nordmarkit (Natronquarzsyenit) vom Tonsenäs bei Christiania; Analyse von *Fannasch*, Nyt Mag. f. Naturv. Christiania B. 30. (Ausserdem 0.62 TiO₂).

III Nephelinsyenit von Foia, Portugal, *K. v. Kraatz-Koschlan & V. Hackmann* l. c.

IV Nephelinsyenit Serra de Monchique, *Fannasch*, Neues Jahrb. f. Min. 1884, II, P. 11. (Ausserdem 1.04 TiO₂).

V Nephelinsyenit Rabot's Spitze, Umppek, Kola, *V. Hackmann*, Fennia, 11, No. 2, P. 132. (Ausserdem 0.60 TiO₂).

VI Urtit; Kola; l. c.

Die norwegischen Laurvikite und Laurdalite liegen sämtlich durch höheren Gehalt an CaO, MgO und Fe-Oxyden etwas zur Seite von dieser Serie.

Ich komme nun auf *die Bedeutung der Serien für die Beleuchtung der Kernhypothese* zurück.¹

Es wurde oben nachgewiesen, dass im Urtit das Si nicht ausreicht, um eine Bindung $\overset{I}{R}$ an Al zu $\overset{I}{R}AlSi_2$ als herrschend anzunehmen, dass

¹ Es scheint, dass *Rosén* in neuester Zeit in der kurzen Darstellung der Kernhypothese von 1895—96 (Mikrosk. Phys. B. II. P. 385) mehr Gewicht auf die «Gesteinsreihen» legt; bei der Erwähnung der Gesteine der *foyaitischen* Reihen sagt er: «Alle Glieder dieser Reihen sind durch die allmählichsten und häufigsten Übergänge verbunden und erscheinen oft zu geologischen Einheiten zusammengesetzt». Es ist hier aber nicht möglich zu verstehen, ob von *Gesteinsreihen* in meinem Sinne oder von Übergängen zwischen Gliedern der eigentlichen Foyaitreihe und der Theralithreihe die Rede ist; wahrscheinlich ist das letztere der Fall.

aber hier — wenn $\overset{I}{R}$ überhaupt an Al und Si gebunden war, was wir aller Wahrscheinlichkeit nach annehmen müssen — eine Verbindung (Kern) $\overset{I}{R}AlSi$ als herrschend angenommen werden muss.

Giebt es nun — was wir nicht anders annehmen können — *eine kontinuierliche Serie zwischen dem Urtit und den Nephelinsyeniten, so muss aller Wahrscheinlichkeit nach diese selbe Bindung des Al an $\overset{I}{R}$ zu $\overset{I}{R}AlSi$ auch in allen diesen Zwischengliedern vorhanden sein*, obwohl in stetig abnehmender Menge mit zunehmendem SiO_2 -Gehalt. Schon die Berechnung des Nephelinsyenits von Rabot's Spitze, Umptek zeigt dies:

I	I a	II	III	III a
SiO_2 . . . 52.25	53.08	88.47	Si . . 88.47	46.39
TiO_2 . . . 0.60	0.61	0.76	Ti . . 0.76	0.40
Al_2O_3 . . . 22.24	22.59	22.15	Al . . 44.30	23.23
Fe_2O_3 . . . 2.42	2.46	1.54	$\overset{III}{Fe}$. . 3.08	1.62
FeO . . . 1.98	2.01	2.79	Fe . . 2.79	1.46
MnO . . . 0.53	0.54	0.76	Mn . . 0.76	0.40
MgO . . . 0.96	0.98	2.45	Mg . . 2.45	1.27
CaO . . . 1.54	1.56	2.78	Ca . . 2.78	1.46
Na_2O . . . 9.78	9.94	16.03	Na . . 32.06	16.81
K_2O . . . 6.13	6.23	6.63	K . . 13.26	6.96
H_2O . . . 0.73	—	—	—	—
	100.00	Zahl 144.36	MAZ 190.71	100.00
			AZ 471.70	

Man sieht hier, dass das Si, wenn zuerst Ca, Mg, $\overset{II}{Fe}$ und Mn gesättigt werden, nicht mehr für eine Verbindung $\overset{I}{R}(Al, Fe)Si_2$ ausreicht, sondern dass eine ziemliche Menge einer Verbindung $\overset{I}{R}AlSi$, auch unter der Voraussetzung, dass eine Verbindung $\overset{I}{R}AlSi_2$ überhaupt vorgekommen wäre, vorhanden gewesen sein müsste. Meiner Ansicht nach dürfte aber auch hier die Verbindung $\overset{I}{R}\overset{III}{R}Si_2$ nur in geringer Menge, nämlich vielleicht ein wenig $Na\overset{III}{Fe}Si_2$ vorhanden gewesen sein, und die herrschenden $\overset{III}{R}$ -Verbindungen sind $\overset{I}{R}\overset{III}{R}Si$ und $\overset{I}{R}\overset{III}{R}Si_3$ gewesen. Die Analyse könnte dann berechnet werden ungefähr so:

$$\left. \begin{array}{l} Na + K \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad 9.05 \\ Al \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad 9.05 \\ 3Si \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad 27.15 \end{array} \right\} (K, Na)AlSi_3$$

Na + K	14.10	} (Na, K)AlSi
Al	14.10	
Si	14.10	
Na	0.62	} Na ^{III} FeSi ₂
^{III} Fe	0.62	
2Si	1.24	
^{II} Fe + Mg	0.54	} (Fe, Mg), (Al, Fe) ₂ Si
2(Al + Fe)	1.08	
Si	0.54	
Fe + Mg	1.46	} (Fe, Mg)Ca(Si, Ti) ₂
Ca	1.46	
2(Si + Ti)	2.92	
Mg + Fe + Mn	0.83	} (Mg, Fe, Mn)Si
Si	0.83	

Diese Berechnung soll nur eine ungefähre Vorstellung der Zusammensetzung geben, ohne dass behauptet wird, dass dieselbe in Einzelheiten zutrifft.

Ist es somit, wie ich meine, bewiesen, dass in allen Gesteinen der Serie Nephelinsyenit-Urtit mit SiO₂-Gehalt zwischen ca. 54 % und ca. 45 % eine Verbindung $\bar{R}AlSi$ mehr oder weniger reichlich vorhanden gewesen sein muss, so ist darnach die Frage zu entscheiden, ob auch bei den Nephelinsyeniten und den *saureren* Gliedern der Serie überhaupt einer Verbindung $\bar{R}AlSi_2$ eine *grössere* Bedeutung zugeschrieben werden kann oder ob nicht viel eher anzunehmen ist, dass im Allgemeinen in diesen Gesteinen die Verbindungen $\bar{R}AlSi$ und $\bar{R}AlSi_3$ in wechselnder Menge die charakteristischen Verbindungen gewesen sind. Da $2[RAlSi_2] = RAlSi + RAlSi_3$ ist, muss es natürlich, wie oben erwähnt, von vornherein schwierig sein, nur aus den Analysenresultaten zu beweisen, ob die eine oder die andere Auffassung richtig ist, in allen Gesteinen, in welchen der Si-Gehalt grösser ist, als einer Verbindung $RAlSi_2$ entspricht.

Für die Auffassung, dass schon im Magma selbst eine Verbindung $\bar{R}AlSi_3$ (entsprechend den Alkalifeldspathsilikaten) enthalten gewesen ist, spricht entschieden der Umstand, dass in mehreren Fällen in Nephelinsyenitgebieten *diaschiste Gesteine* (theils als Grenzfaciesbildungen, theils als diaschiste Gänge) auftreten, welche (abgesehen von Titanit,

Apatit etc.) *ausschliesslich aus Alkalifeldspäthen* und dunklen Mineralien in ganz geringer Menge (gewöhnlich Aegirin, eine Hornblende der Arfvedsonit-Katophoritreihe oder bisweilen Diopsid) *bestehen, und welche keine Spur, weder von Quarz, noch von Nephelin* (und ebenso nur wenig Kalkfeldspathsilikat) *enthalten*.

Von derartigen Gesteinen können hier erwähnt werden:

Im Nephelinsyenitgebiet von Umptek, Kola, hat *Ramsay* als eine durch Differentiation entstandene Grenzfaciesbildung ein von ihm als *Umptekit* bezeichnetes Gestein beobachtet, welches in den sauersten Varietäten ausschliesslich aus Alkalifeldspäthen und ein wenig Aegirin und einer mit dem Katophorit verwandten Hornblende (sammt accessorischen Mineralien) *ohne Nephelin und Quarz* besteht. Die (von *W. Petersson* ausgeführte) Analyse dieser sauren Varietät¹ ist in der folgenden Tabelle berechnet:

	I	I a	II	III	III a
SiO ₂	63.71	63.71	106.18	Si . . 106.18	57.07
TiO ₂	0.86	0.86	1.07	Ti . . 1.07	0.58
Al ₂ O ₃	16.59	16.59	16.46	Al . . 33.52	18.02
Fe ₂ O ₃	2.92	2.92	1.82	^{III} Fe . . 3.64	1.96
FeO	0.66	0.66	0.92	Fe . . 0.92	0.49
MnO	0.20	0.20	0.27	Mn . . 0.27	0.15
MgO	0.90	0.90	2.50	Mg . . 2.50	1.34
CaO	3.11	3.11	5.55	Ca . . 5.55	2.98
Na ₂ O	8.26	8.26	13.23	Na . . 26.46	14.22
K ₂ O	2.79	2.79	2.97	K . . 5.94	3.19
H ₂ O (Glühv.) .	0.19	—	—	—	—
	100.19	100.00	Zahl 150.97	MAZ 186.05	100.00
				AZ 484.83	

Da in diesem Gestein thatsächlich kein Quarz und kein Nephelin (Sodalith oder Cancrinit) und von Feldspäthen angeblich nur Alkalifeldspäthe vorhanden sind, müssen auch im Magma selbst bei der Erstarrung die Verbindungen $\text{KAlSi}_3(\text{O}_8)$ und $\text{NaAlSi}_3(\text{O}_8)$ vorherrschend gewesen sein, und was nicht als Alkalifeldspäthe erstarrte, muss (abgesehen von den in ganz untergeordneter Menge vorhandenen accessorischen Mineralien) als «Arfvedsonithornblende» (Ramsay) und Aegirin erstarrt sein.

¹ Siehe Ramsay's Abhandlung, Fennia 11, No. 2, P. 205 (1894).

Da das Magma, aus welchem das Gestein erstarrt ist, ein aus dem Hauptmagma des Nephelinsyenits ausdifferenziertes Magma gewesen ist, scheint keine Annahme natürlicher und einfacher, als *dass in diesem Magma eben die Verbindung $\bar{R}AlSi_3$, oder wie ich für besser halte zu schreiben $RAlSi_3O_8$ (oder $R_2Al_2Si_6O_{16}$), bei der Differenzirung selbst angereichert wurde.*

Derselbe Schluss scheint mir nothwendig aus den *Syenitaplitgängen des Lougenthales* gezogen werden zu müssen. Unter den zahlreichen diaschisten Gangtypen, welche hier aus dem Laurdalitmagma ausdifferenziert sind, kommen, wie oben erwähnt, auch Gänge von quarz- und nephelinfreien Nephelinsyenitapliten, «*Lestiwariten*» vor. Die oben mitgetheilte Analyse des Lestiwarits vom Gange N. von Kvelle wird hier, in der von *Rosenbusch* gebrauchten Weise berechnet, wiederholt:

I	II a	III	III a
SiO ₂ 66.50	110.88	Si 110.88	60.03
TiO ₂ 0.70	0.87	Ti 0.87	0.47
Al ₂ O ₃ 16.25	15.94	Al 31.88	17.26
Fe ₂ O ₃ 2.04	1.28	^{III} Fe 2.56	1.38
FeO 0.19	0.26	Fe 0.26	0.14
MnO 0.20	0.27	Mn 0.27	0.15
MgO 0.18	0.45	Mg 0.45	0.24
CaO 0.85	1.52	Ca 1.52	0.82
Na ₂ O 7.52	12.13	Na 24.26	13.14
K ₂ O 5.53	5.88	K 11.76	6.37
H ₂ O 0.50	—	—	—
P ₂ O ₅ Spur	—	—	—
100.46	Zahl 149.48	MAZ . . . 184.71	100.00
		AZ . . . 480.48	

Das Gestein besteht, wie oben erwähnt aus ca. 91 % Alkalifeldspäthen, 7½ % Aegirin, und ca. 1½ % Titanit (mit Spuren von Apatit), wobei bemerkt werden muss, dass die Analyse einen etwas zu hohen SiO₂-Gehalt und entsprechend zu kleinen Al₂O₃-Gehalt erweist.

Auch bei diesem Gestein führt die Berechnung — in der von *Rosenbusch* üblichen Weise ausgeführt — nach Abzug von Si für Fe, Mg, Mn und Ca auf ein Verhältniss im Rest von $\bar{R}AlSi_2 : Si = 1 : 1$, also wieder auf eine Verbindung $\bar{R}AlSi_3$ oder $\bar{R}AlSi_3O_8$.

Da nun dies Verhältniss für *fast alle Lestiwaritvorkommen* des Lougenthales (sowie für die ebenfalls hier auftretenden trachytisch

struirten Bostonite) *durchgehends charakteristisch* ist, dass sie keinen Quarz und keinen Nephelin führen, so scheint dieser Umstand in hohem Grad dafür zu sprechen, *dass das Al in der That in einer stöchiometrischen Verbindung $R AlSi_3$, also in einem Alkalifeldspathsilikat, schon bei der Differentiation des Gesteinsmagmas aus dem Laurdalit-magma an die Alkalien gebunden gewesen sein muss*, — also *nicht*, wie die Kernhypothese von *Rosenbusch* es fordert, in einer Verbindung $\overset{I}{R}AlSi_2$, welche eine beliebige Quantität Si aufgelöst hätte.

Diese Lestiwarite sind nun nicht die einzigen Ganggesteine, welche dies Verhältniss zeigen, ebenso wenig wie die Umptekite die einzigen abyssischen Massengesteine sind, welche diese distinkte quarz- und nephelinfreie Mischung zeigen. Dasselbe Verhältniss finden wir wieder bei den typischen Pulaskiten von Arkansas, und bei Pulaskiten von Hedrum, ebenso bei Pulaskiten im nördlichsten Theil von Nordmarken, N. von Kristiania. Wir finden dasselbe als ein allgemein verbreitetes Verhältniss bei den diesen entsprechenden, im wesentlichen aschisten Ganggesteinen (siehe die obige Beschreibung des Hedrumits (Pulaskitporphyrs) von Ostö). Und um auch entsprechende Ergussgesteine zu berücksichtigen: es ist ein ganz allgemein verbreitetes Verhältniss innerhalb der Reihe der Rhombenporphyre.

Kurz, es ist dies ein Verhältniss, welches allgemein und regelmässig bei einer grösseren Anzahl sehr charakteristischer Gesteinstypen wiederkehrt.

Wenn aber für die *Umptekite*, *Pulaskite*, *Lestiwarite* etc. aller Wahrscheinlichkeit nach angenommen werden muss, dass bei diesen schon im Magma, bei der Differenzirung eine Verbindung $\overset{I}{R}AlSi_3$ geherrscht hat, ist kein Grund vorhanden, weshalb nicht auch in anderen Alkali-haltigen Eruptivmagmen von entsprechendem SiO_2 -Gehalt dieselben Verbindungen $\overset{I}{R}AlSi_3$ vorhanden gewesen sein sollten, so auch in den Litchfielditen, Nordmarkiten etc. etc.

Aus der Existenz einer *continuirlichen Serie* zwischen Nephelinsyenit und Urtit folgt dann ferner als die einfachste Annahme, *dass in Gesteinen, welche saurer als der Urtit und weniger sauer als der Umptekit und analoge Gesteine sind, im Allgemeinen alle Mischungsverhältnisse der Verbindungen $\overset{I}{R}AlSi$ und $\overset{I}{R}AlSi_3$ angenommen werden müssten*, indem unter dieser Annahme bei den basischen Gliedern die erstere, bei den sauren die letztere vorherrschend bis allein herrschend gewesen wäre.

Anstatt — wie *Rosenbusch's* Kernhypothese fordert¹ — ein schwierig erklärbares, fast *constantes Zerfallen* einer Verbindung NaAlSi_2 zu NaAlSi und NaAlSi_3 in den Nephelinsyeniten anzunehmen, meine ich somit, dass einerseits die Urtite, andererseits die Umptekite und Lestivarite die ursprüngliche Existenz dieser Verbindungen RAlSi und RAlSi_3 im Magma wahrscheinlich machen und, dass die als Mineral nie in grösserer Menge in diesen Gesteinen vorhandene Verbindung $\text{NaAlSi}_2(\text{O}_6)$ *nicht im Allgemeinen* im Magma als wesentliche Verbindung (Kern) vorhanden gewesen und zu RAlSi und RAlSi_3 zerfallen ist.

Da $\overset{\text{I}}{\text{R}}\overset{\text{III}}{\text{R}}\text{Si}_2$ sowohl im Aegirin (Riebeckit etc.) als im Leucit als solche bekannt sind, soll damit nicht die Existenz auch dieser Verbindung im Magma geleugnet werden. Ja, ich will ein Stück weiter gehen: die oben bei dem Versuch der Ableitung der Gesteine der Ganggefolgschaft des Laurdalits aus dem Laurdalitmagma nachgewiesenen Relationen machen es mir sogar wahrscheinlich, dass in der That ein Kern $\text{RAlSi}_2(\text{O}_6)$ — ein Analcim-Leucit-Kern — bei der Differentiation des Laurdalitmagmas eine gewisse Rolle gespielt haben dürfte. Wir sahen hier, dass die Magmen der Natronminetten sich als Laurdalitmagma $\div n[\text{R}_2\text{Al}_2\text{Si}_4\text{O}_{12}]$ verhielten, ebenso dass die Nephelinrhombenporphyr Mischung sich als Laurdalitmagma $+ n[\text{R}_2\text{Al}_2\text{Si}_4\text{O}_{12}]$ verhielt, ebenso dass die Beziehungen des complementären Gangcomplexes der Natronminette von Håö, des Nephelinrhombenporphyrs und des Tinguaitis am Einfachsten unter der Annahme eines Abspaltens der Verbindung $\text{R}_2\text{Al}_2\text{Si}_4\text{O}_{12}$, welche gegen basische (Mg, Fe)-Silikate ausgetauscht wurde, erklärt werden konnten.

Wir sahen auch, dass bei der complicirteren Differentiation, bei welcher die Bildung der Heumit-Mischung aus dem Laurdalitmagma versuchsweise erklärt wurde, ein Abspalten einer Verbindung $\text{R}_2\text{Al}_2\text{Si}_4\text{O}_{12}$ wahrscheinlich war. In allen diesen Fällen müsste diese Verbindung nachträglich zu Nephelinsilikat und Alkalifeldspathsilikat zerfallen sein, ganz wie die Hypothese von *Rosenbusch* fordert.

Es scheint mir somit wahrscheinlich, dass dem Kern RAlSi_2 von *Rosenbusch* in der That eine gewisse Bedeutung eben innerhalb der Differentiationsreihe der Nephelinsyenite zugeschrieben werden könne — aber nur eine beschränkte Bedeutung. Denn ebenso wahrscheinlich, wie das Abspalten eines Kerns RAlSi_2 oder $\text{R}_2\text{Al}_2\text{Si}_4\text{O}_{12}$ die Bildung des Natronminettemagmas aus dem Laurdalitmagma erklären dürfte, ist es, dass verschiedene andere Gangmagmen *nicht* durch

¹ Siehe hierüber schon *Roth's* Bemerkungen l. c. P. 29. (Sep. Abdr.)

Abspalten dieses Kerns aus dem Laurdalitmagma derivirt werden können.

Diese Verhältnisse in Verbindung mit der oben dargelegten Bedeutung des Vorhandenseins der continuirlichen *Serien* zwischen Natrongranit und Urtit, respektive zwischen Grorudit und Sussexit, scheinen mir zu beweisen, dass dem *Kern* RAlSi_2 nur eine untergeordnete Bedeutung zugeschrieben werden kann; die wesentlichen «Kerne» in den φ -Magmen (sowie in den γ -Magmen, den γ - δ -Magmen etc.) sind die Verbindungen gewesen, welche wir in den Mineralien dieser Gesteine als Feldspathsilikate RAlSi_3O_8 ($\text{R}_2\text{Al}_2\text{Si}_6\text{O}_{16}$) und als Nephelinsilikat RAlSiO_4 ($\text{R}_3\text{Al}_3\text{Si}_3\text{O}_{12}$) kennen.

Da diese Salze der Orthokieselsäure H_4SiO_4 und der Triokieselsäure $\text{H}_4\text{Si}_3\text{O}_8$ in vielen Mineralgruppen einander isomorph vertreten sind und überhaupt bei den Feldspäthen und Feldspath ersetzenden Silikaten eine hervorragende Rolle spielen, wäre diese Auffassung von vorn herein auch sehr wahrscheinlich, viel wahrscheinlicher, als dass die bei den Feldspäthen nicht auftretende Meta-Verbindung $\overset{\text{I}}{\text{RAlSi}}_2\text{O}_6$ im Magma *herrschend* und erst bei der Krystallisation zu den Ortho- und Trisilikaten zerfallen wäre, obwohl, wie gesagt, auch dieser Verbindung eine gewisse Bedeutung nicht abgesprochen werden soll.

Nachdem wir nun nachzuweisen versucht haben, dass dem von *Rosenbusch* in seiner Kernhypothese eine so vorherrschende Bedeutung zugeschriebenen «Kern» $\overset{\text{I}}{\text{RAlSi}}_2$ wahrscheinlich nur eine relativ untergeordnete Rolle zukommt, wollen wir den zweiten der *Rosenbusch*'schen Hauptkerne CaAl_2Si_4 (entsprechend derselben Säure, der *Metakieselsäure*, wie der eben erwähnte erste Hauptkern $\overset{\text{I}}{\text{RAlSi}}_2$) vornehmen.

Auch diesem «Kern» sollte dieselbe Eigenthümlichkeit wie dem Kern NaAlSi_2 zukommen: *immer* bei der Krystallisation des Magmas zu zerfallen. Die Annahme dieses Kerns ist übrigens mit der anderen nicht genügend bewiesenen Annahme verbunden, «dass das Aluminium der Eruptivmagmen thatsächlich an die feldspathbildenden Kerne $(\text{Na}, \text{K})\text{AlSi}_2$ und CaAl_2Si_4 gebunden sei».

Wir wollen deshalb erst prüfen, in wie fern diese letzte Behauptung thatsächlich durchgehends zutrifft.

Es lässt sich gewiss nicht bestreiten, dass das Aluminium in den Eruptivmagmen ganz vorherrschend mit Alkalimetallen und Ca in

thonerde-haltigen Silikaten gebunden ist; dass aber die Alkalithonerdesilikate und Kalkthonerdesilikate, in welchen das Aluminium in den Eruptivmagmen gebunden ist, ausschliesslich oder sogar wesentlich die von *Rosenbusch* angenommenen Kerne RAlSi_2 und CaAl_2Si_4 wären, darin kann ich ihm ebenso wenig beistimmen, wie darin, dass das Auftreten des Al in Eruptivmagmen *ausschliesslich* auf feldspathbildende Verbindungen zu beschränken wäre.

Es lässt sich nämlich fürs erste in einer bedeutenden Anzahl von Beispielen nachweisen, dass in manchen Tiefengesteinen, sowie auch in Ganggesteinen, das Aluminium nicht durchgehends an Alkalimetalle oder Ca gebunden gewesen sein kann, was selbstverständlich auch *Rosenbusch* sehr wohl gewusst haben muss, obwohl er dann diese Beispiele als unwesentlich betrachtet zu haben scheint.

So finden wir in vielen «magmatischen Concentrations-Erzen», welche nichts weiter als die Erstarrungsproducte von abgespaltenen Theilmagmen sind, einen ziemlich hohen Al-Gehalt, welcher nicht in dem Magma an Ca oder Alkalien gebunden gewesen sein kann, da diese im Gestein fehlen. Als Beispiel kann *W. Petersson's* Analyse des *Magnetit-Spinellit* von Routivara angeführt werden;¹ das aus Titanomagnetit und Spinell sammt etwas Olivin bestehende Gestein enthält:

SiO_2 4.08, TiO_2 14.25, Al_2O_3 6.40, Cr_2O_3 0.20, Fe_2O_3 33.43, FeO 34.58, MnO 0.45, MgO 3.89, CaO 0.65, Na_2O 0.29, K_2O 0.15, H_2O 1.32, P_2O_5 0.016, Summa 99.71.

Die Quotientzahlen für

Al_2O_3	CaO	Na_2O	K_2O
0.0627	0.0116	0.0048	0.0116
0.0064			

zeigen, dass mehr als die Hälfte des Al nicht an Ca oder Alkalien gebunden gewesen sein kann. Im Gestein ist das Al an Mg und Fe als Spinell (Pleonast) gebunden und ist wohl auch im Magma auf diese Weise vorhanden gewesen.

Der Magnetit-Spinellit nimmt eine Strecke von mehr als einem Kilometer ein, bei einer Breite von einigen Hundert Meter, während der Berg sich 160 à 180 Meter über die Umgebung erhebt; innerhalb dieser Strecke ist das Erzgestein angeblich sehr einförmig.

Die umgebenden complementären Gesteine sind theils Anorthosit, theils ein regionalmetamorphosirtes Gabbrogestein. Auch in diesen

¹ Geol. För. Förh. B. 15, P. 49 (1893).

Gesteinen ist mehr Al vorhanden, als an Alkalimetalle und Ca gebunden gewesen sein kann. So im Anorthosit:

SiO ₂	. . . . .	54.06	. . . . .	0.9010	
Al ₂ O ₃	. . . . .	29.01	. . . . .	0.2843	
CaO	. . . . .	9.93	. . . . .	0.1773	
Na ₂ O	. . . . .	4.68	. . . . .	0.0739	} 0.0799
K ₂ O	. . . . .	0.57	. . . . .	0.0060	

entsprechend:

R ₂ O . . .	0.0799	CaO . . .	0.1773	
Al ₂ O ₃ . . .	0.0799	Al ₂ O ₃ . . .	0.1773	{ Summa 0.2572 Al ₂ O ₃
Rest 0.0271 Al ₂ O ₃ , was 2.76 Procent entspricht.				

Ganz dasselbe gilt auch von den Al₂O₃ führenden Magnetit-Oliviniten (Magnetit-Peridotiten) von Taberg & Longhult in Schweden und von Iron-mine-hill in Rhode Island;¹ auch bei diesen Gesteinen kann das Al im Magma nachweislich nicht an Ca oder Alkalien gebunden gewesen sein, da die Al-Menge dafür bei weitem zu gross ist.

Wir können noch ein weiteres Beispiel geben, und zwar aus einem Ganggestein (?), dem sehr merkwürdigen *Biotit-Peridotit* von Kaltethalskopf, Radauthal im Harz, nach der Analyse von *M. Koch*.² Das aus Olivin, Biotit, blauem Spinell und Titaneisen bestehende Gestein zeigt die Zusammensetzung.

I		I a	II	III	III a	
SiO ₂	. . . 34.98	35.32	58.87	Si . . . 58.87	32.66	} 36.29
TiO ₂	. . . 5.18	5.23	6.54	Ti. . . 6.54	3.63	
Al ₂ O ₃	. . . 10.80	10.91	10.70	Al . . . 21.40	11.87	} 12.86
Fe ₂ O ₃	. . . 1.42	1.43	0.89	^{III} Fe . . . 1.78	0.99	
FeO	. . . 21.33	21.54	29.92	^{II} F . . . 29.92	16.60	} 43.63
MgO	. . . 19.30	19.49	48.72	Mg . . . 48.72	27.03	
CaO	. . . 0.43	0.43	0.79	Ca. . . 0.79	0.44	} 6.78
Na ₂ O	. . . 0.17	0.17	0.27	Na . . . 0.54	0.30	
K ₂ O	. . . 5.42	5.48	5.83	K . . . 11.66	6.48	
H ₂ O	. . . 1.28	—	—	—	—	
100.31		100.00	Zahl 162.53	MAZ 180.22	100.00	
				AZ 431.34		

¹ Siehe die Zusammenstellung der Analysen dieser Gesteine bei Vogt, Zeitschr. f. pr. Geol. B. I, (1893).

² Zeitschr. d. deutsch. geol. Ges. 1889, P. 165.

Das Magma, aus welchem dies Gestein erstarrt ist, entspricht, wie man sieht, keinem der von *Rosenbusch* aufgestellten Magmentypen; zu den π -Magmen kann es wegen des ziemlich hohen Alkali-Thonerde-Gehaltes nicht gerechnet werden, zu den ψ -Magmen auch nicht, wegen des verschwindenden Ca-Gehaltes. Man sieht sofort, dass wenn man hier nach *Rosenbusch's* Vorgang die Alkalimetalle als in einem Kern $R Al Si_2$, das Ca als in einem Kern $Ca Al_2 Si_4$ gebunden auffasste, ein Rest Al von 4.21 % übrig bleibt. Dieser Rest kann also jedenfalls nicht in einem Feldspathkern gebunden gewesen sein; da im Gestein überhaupt kein Feldspath vorkommt, ist man vielmehr berechtigt anzunehmen, dass das Al in diesem Gestein *überhaupt nicht* in einem «Feldspathkern» gebunden gewesen ist.

Dies Gestein zeigt somit auch, dass es überhaupt nicht richtig sein kann, «dass das Aluminium der Eruptivgesteine durchweg in einem Feldspathkern gebunden ist» (l. c. P. 172).

Auch der von *Rosenbusch* angenommene «Antagonismus des Mg und Al» oder «die Unlöslichkeit der Al-haltigen und Al-freien Metallkerne»¹ kann hier nicht bestätigt werden; dass ein derartiger «Antagonismus» bei den Eruptivgesteinen, wenigstens bei intermediären und sauren Typen *scheinbar* vielfach vorhanden ist, soll natürlich nicht bestritten werden. Die Erklärung dieses Verhältnisses dürfte aber vielleicht nicht in einer gegenseitigen Unlöslichkeit, sondern in einer sehr *verschiedenartigen Löslichkeit in den gewöhnlichen Eruptivmagmen*, oder vielleicht auch in einem ganz anderen Verhältniss zu suchen sein, worüber mehr an einer anderen Stelle.

Was uns hier vorläufig interessirt, ist der Umstand, dass man offenbar nicht behaupten kann, dass das Al der Eruptivgesteine durchweg in einem Feldspathkern gebunden ist; da, wie hinreichend bekannt, auch die Pyroxene, Hornblenden, die Glimmer etc. mehr oder weniger Al-haltig sind, würde man ja auch von vorn herein nicht erwarten können, dass es der Fall wäre.

Es darf hier nicht vergessen werden, dass *Rosenbusch* selbst bei den ϑ -Magmen (den theralitischen Magmen) darauf aufmerksam gewesen ist, dass in diesen eine Bindung des Al in einem Kern $\overset{II}{R} Al_2 Si$ (Al-haltige Pyroxene) oder $R Al_2$ (Spinellkern) möglich wäre; er verwirft aber unmittelbar nachher die Annahme dieser Kerne, indem er für diese Magmen

¹ Siehe P. 173 l. c.: «Diese Legirungen oder Verbindungen (nämlich (N, K) $Al Si_2$ einerseits und $R_2 Si$ oder $R Si$) wie sie nun auch zu nennen seien, sind offenbar in einander unlöslich; das geht aus der Thonerdefreiheit der reinen Peridotite und aus dem nahezu vollständigen Fehlen der zweiwerthigen Metalle in den Eläolithsyeniten hervor».

die Annahme der basischen Kerne Na Al Si und $\text{Ca Al}_2 \text{Si}_2$ wahrscheinlicher findet, auch deshalb, weil «das Aluminium der Gesteine durchweg in einem Feldspathkern gebunden ist».¹

Wir kommen nun zu der nächsten Frage: ob die Verbindung des Al mit Ca in den Eruptivgesteinen auf den von *Rosenbusch* angenommenen «Kern» $\text{Ca Al}_2 \text{Si}_4$ zu beziehen ist.

Schon *J. Roth* hat (l. c. S. 39) gegen die Annahme dieses Kernes schwer wiegende Bedenken erhoben unter Hinweisung auf die Berechnung der Vesuvlaven, des Leucitits von Capo di Bove etc.

Wenn wir hier den Ochsen am Horn fassen wollen, ist offenbar die Gesteinsreihe, welche die werthvollsten Erläuterungen geben kann, diejenige, welche selbst fast ausschliesslich aus Kalknatronfeldspath besteht, diejenige der *Anorthosite*.

Die Anorthosite sind verbreitet an vielen Punkten der Erde, so namentlich in *Canada* (hier allein das *Morin*-Gebiet NW. von Montreal nach *Fr. A. Adams* 990 engl. □ Meilen einnehmend, während das Gebiet von *Saguenay River* bei weitem grösser ist, nämlich ca. 5800 □ Meilen, ja sogar vielleicht das doppelte; und «Over this great area the rock consists almost entirely of plagioclase» (*Adams*, Geol. Surv. of Canada, Ann. Rep. Vol. VIII, Part I., P. 132, 1896). Ferner sind sie verbreitet in *Labrador*, *Neufundland* etc.; in *Minnesota* (*Lawson*) und anderen der United states. In Norwegen in grossen Massiven bei Egersund und Soggedal (*Kjerulf*, *Vogt*, *Kolderup*), auf der Bergenshalbinsel, beiderseits der inneren Theile von Sognefjord (Nærøthol und Nærøfjord, Aurlandsfjord, Lærdalsfjord, Lysterfjord etc.), an den Inselgruppen von

¹ Seitdem das Obige geschrieben wurde, habe ich auf dem geologischen Congress in St. Petersburg die Korund-Gesteine des Urals (nach *Moroséwitsch* mit bis 63% $\text{Al}_2 \text{O}_3$!) kennen gelernt. Das Anorthit-Korund-Gestein von der nördlichen Fortsetzung des Ilmengebirges soll nach *Karpinsky* («Guide des excursions du VII congrés int.» V, P. 21 ff.) ein distinctes Eruptivgestein sein; wahrscheinlich hängt dasselbe mit den Nephelinsyeniten dieser Gegend genetisch zusammen. Ein Orthoklas-Korund-Gestein (in Gängen) wird erwähnt, welches mit Syeniten verglichen wird, «le corindon étant évidemment l'équivalent pétrographique de la biotite». Merkwürdige Gesteine! Es scheint somit eine bisher gänzlich unbekannte $\text{Al}_2 \text{O}_3$ -reiche Gesteinsreihe von Korundgesteinen zu geben mit basischen $\text{CaO-Al}_2 \text{O}_3$ -Gliedern (Anorthit-Korund-Gesteine) am einen Ende und saureren $\text{R}_2\text{O-Al}_2 \text{O}_3$ -Gliedern (Orthoklas-Korund-Gesteine) am andern. Alle sind sehr SiO_2 -arm (z. Th. nur c. 20% SiO_2 !) und enthalten vielmehr $\text{Al}_2 \text{O}_3$ als den Kernen von *Rosenbusch* entspricht. Es scheint diese Reihe (welche gewiss in den Eisenreichen Gliedern Analogien besitzt) z. Th. ganz neue Gesichtspunkte zu öffnen. Es muss für das nähere Verständniss dieser Gesteine die Beschreibung von *Moroséwitsch* abgewartet werden. (Zusatz während der Correctur).

Lofoten und Vesteraalen im nördlichen Norwegen (*Vogt* und *Helland*), ferner im nördlichen Schweden (*Routivara*; siehe oben), in Wolhynien (*Lagorio*, v. *Chrustschoff* etc.), in Aegypten, in *Indien* (Holland) etc.

In manchen dieser Verbreitungsbezirke der Anorthosite bilden sie gewaltige Massen, welche in Grösse und geologischer Selbständigkeit vollständig den Granitmassiven und Massiven anderer Tiefengesteine an die Seite gestellt werden können¹; es ist offenbar, dass sie durch ihre einfache Zusammensetzung vorzüglich dazu geeignet sind die Frage über die Berechtigung des Kerns $\text{Ca Al}_2 \text{Si}_4$ zu beantworten. In der folgenden Tabelle sind einige Analysen von Anorthositen zusammengestellt; diese kleine Zusammenstellung zeigt, dass diese oft fast ausschliesslich aus Plagioklas bestehenden Gesteine eine *Serie* bilden, soviel die bisher vorliegenden Analysen zeigen mit SiO_2 -Gehalten zwischen ca. 46 und ca. 55 %, mit zunehmenden Al_2O_3 - und CaO -Gehalten nach dem basischen, und zunehmenden Na_2O und K_2O -Gehalten nach dem sauren Ende hin.

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII
Si O_2 .	54.62	54.45	53.43	53.42	50.76	47.40	47.25	46.24
$\text{Al}_2 \text{O}_3$	26.50	28.05	28.01	28.36	28.90	29.74	31.56	29.85
$\text{Fe}_2 \text{O}_3$	0.76	0.45	0.75	1.80	—	—	—	1.30
Fe O .	0.56	—	—	—	—	1.94	2.29	2.12
Mg O .	0.74	—	0.63	0.31	1.15	0.57	0.27	2.41
Ca O .	9.88	9.68	11.24	10.49	9.58	13.30	15.39	16.24
$\text{Na}_2 \text{O}$	4.50	6.25	4.85	4.82	4.67	4.99	2.52	1.98
$\text{K}_2 \text{O}$.	1.23	1.06	0.96	0.84		1.56	0.37	0.18
$\text{H}_2 \text{O}$.	0.91	0.55	Spur	—	3.78	1.64	0.40	1.03 (CO_2)
	99.70	100.49	99.87	100.04	98.84	101.14	100.05	101.35

I Anorthosit feinkörnig, gelblich vom Staat New York; *A. R. Leeds*, 13th Ann. Rep. New York State Museum of Nat. History, 1876.

II » feinkörnig, weiss, von Rawdon, Morin-Gebiet, Canada; *J. S. Hunt*; Geology of Canada, 1863.

III » von Labrador (Insel Nain?); *A. Wichmann*, Zeitschr. d. deutsch. geol. Ges. 1884, P. 491.

IV » Ogne, bei Ekersund, Norwegen; *C. F. Kolderup*, Bergens Museums Aarbog for 1896 (Bergen 1897), No. 5, P. 20.

¹ Das Gebiet von Saguenay river dürfte vielleicht 11—12,000 engl. □ Meilen = ca. 30,000 □ Kilometer sein, und in dieser gewaltigen Ausdehnung fast nur aus Labrador bestehen!

- V Anorthosit, weiss; von Lærdal, Sogn, Norwegen; *Th. Kjerulf*, Geol. Unders. i Bergens Omegn (Th. Hiortdahl og M. Irgens) Kristiania 1862, 34.
- VI » Encampment Island, Minnesota; *A. Lawson*, The Anorth. of Minnesota, Bull. 8, Geol. & Nat. Hist. Survey of Minnesota (1893), P. 6.
- VII » Beaver Bay, Minnesota, *R. Irving*, Copper Bearing rocks of Minnesota, P. 438.
- VIII » Seine River, Rainy Lake region; *W. Lawson*, bei A. P. Colemann, Journ. of geol. B. IV, P. 909 (1897).

Beispielsweise sind unten zwei dieser Analysen berechnet, nämlich *Wichmann's* Analyse des Anorthosits von Labrador und *Irvings* Analyse des Anorthosits von Minnesota.

Anorthosit von Labrador.

SiO ₂	53.50	89.16	Si	89.16	48.33
Al ₂ O ₃	28.04	27.49	Al	54.98	29.80
Fe ₂ O ₃	0.75	0.48	^{III} Fe	0.96	0.52
MgO	0.63	1.57	Mg	1.57	0.85
CaO	11.26	20.11	Ca	20.11	10.90
Na ₂ O	4.86	7.83	Na	15.66	8.49
K ₂ O	0.96	1.02	K	2.04	1.11
	100.00	Zahl 147.66	MAZ	184.48	100.00

Berechnet auf *Rosenbusch's* Feldspathkerne erhält man (nach Abzug für Pyroxen); das F₂O₃ ist als Eisenglanz vorhanden:

Ca	0.80	} Ca Mg Si ₂
Mg	0.80 (gefunden 0.85)	
2 Si	1.60	
^I R	9.60	} ^I R Al Si ₂
Al	9.60	
2 Si	18.20	
Ca	10.10	} Ca Al ₂ Si ₄
2 Al	20.20	
4 Si	28.53 (NB! sollte sein 40.40)	

Differenz von Si = 11.87

oder berechnet auf R Al Si und Ca Al₂ Si₄:

Ca	0.80	} Ca Mg Si ₂
Mg	0.80 (gefunden 0.85)	
2 Si	1.60	

I R	9.60	}	I R Al Si
Al	9.60		
Si.	9.60		
Ca	10.10	}	Ca Al ₂ Si ₄
2 Al	20.20		
4 Si.	37.11 (NB! sollte sein 40.40)		
Diff. von Si = 3.29.			

Man sieht somit, dass für die beiden Kerne R Al Si₂ und Ca Al₂ Si₄ das Si bei weitem nicht zureicht; die Berechnung stimmt zur Noth bei der Annahme des Nephelinkernes R Al Si und des Kernes Ca Al₂ Si₄. Die Analyse kann aber ungefähr ebenso gut berechnet werden:

Ca	0.80	}	Ca Mg Si ₂
Mg	0.80		
2 Si.	1.60		
^I R	9.60	}	^I R Al Si ₃
Al	9.60		
3 Si.	28.80		
Ca	10.10	}	Ca Al ₂ Si ₂
2 Al	20.20		
2 Si	17.93 (NB! sollte sein 20.20)		

Man sieht, dass die Berechnung der Analyse gar nicht die Annahme der beiden von *Rosenbusch* angenommenen Feldspathkerne erlaubt, sondern zur Noth nur des einen Ca Al₂ Si₄, während der zweite dann durch den Nephelinkern R Al Si ersetzt sein müsste. Unbedingt am besten stimmt aber die Analyse mit der Annahme, dass keiner der *Rosenbusch*'schen Feldspathkerne im Magma vorhanden gewesen ist, sondern die beiden ordinären Feldspathverbindungen



Anorthosit von Beaver Bay, Minnesota.

Si O ₂	47.41	79.02	Si	79.02	43.54	
Al ₂ O ₃	31.67	31.05	Al	62.10	34.22	
Fe O	2.30	3.20	Fe ^{II}	3.20	1.76	
Mg O	0.27	0.61	Mg	0.61	0.33	
Ca O	15.45	27.59	Ca	27.59	15.22	
Na ₂ O	2.53	4.08	Na	8.16	4.50	} 4.93
K ₂ O	0.37	0.39	K	0.78	0.43	
100.00	Zahl 145.94	MAZ	181.46	100.00		

Berechnet auf *Rosenbusch's* Kerne lässt sich das Gestein wieder nicht berechnen, und zwar in diesem Falle auch gar nicht mit der Annahme eines Kernes $\overset{I}{R} Al Si$ neben dem Kern $Ca Al_2 Si_4$. Die beiden Kerne $R Al Si_2$ und $Ca Al_2 Si_4$ würden nämlich allein 68.44 Si fordern, während 43.54 gefunden ist, $R Al Si$ und $Ca Al_2 Si_4$ würden 63.51 Si fordern. Beide Rechnungen geben so kolossale Abweichungen von dem tatsächlichen Befund, dass sie ganz unmöglich sind. Die Berechnung auf zwei Kerne $\overset{I}{R} Al Si$ und $Ca Al_2 Si_2$ fordert wieder nur 34.22 Si, was umgekehrt allzu wenig ist.

Die einzige mögliche Rechnung ist somit hier eine Berechnung auf die zwei ordinären Feldspathverbindungen $\overset{I}{R} Al Si_3 (O_8)$ und $Ca Al_2 Si_2 (O_8)$, welche 44.08 Si fordert, während 43.54 gefunden ist. Da aber auch für Mg und Fe etwas Si berechnet werden muss, ist entweder ein Theil des Al (ausser Ca) in einer basischen Verbindung $\overset{II}{R} Al Si O_6$ gebunden gewesen oder die Analyse ist nicht ganz genau.

Da die Berechnung des Anorthosits von Minnesota absolut sicher zeigt, dass nur die Verbindungen $R Al Si_3$ und $Ca Al_2 Si_2$, also die gewöhnlichen Feldspathverbindungen in dem Magma desselben vorhanden gewesen sein können, und dasselbe für den Anorthosit von Nain, Labrador die wahrscheinlichste Annahme war, *muss dasselbe von der ganzen Serie der Anorthosite gelten.*

Die *Serie der Anorthosite* ist eine in höchstem Grade *leukokrate* Serie, durch vollständiges Vorherrschen der Feldspathsilikate ausgezeichnet. Die Serie ist keineswegs mit den labradorführenden Anorthositen (bis ung. 55 % $Si O_2$) nach dem sauren Ende hin abgeschlossen. Ein Zweig derselben (mit stark abnehmendem CaO-Gehalte, und entsprechend stark zunehmendem Alkaligehalt, namentlich $K_2 O$ -Gehalt, während der $Na_2 O$ -Gehalt weniger rasch zunimmt) setzt in den fast ausschliesslich aus ungewöhnlich CaO-reichem Natronmikroklin bestehenden rothen Syeniten von Bollærene im Kristianiafjord, bei Tönsberg, fort; ich bezeichne diese Feldspathgesteine, welche extreme Glieder der Laurviktreihe sind, als *Tönsbergite*. Ferner findet sich auch eine ganze Reihe von Pulaskitvorkommen (in Hedrum und am Farris-See), welche sich mit ihrem verschwindenden Gehalt an dunklen Mineralien als fast reine Feldspath-Gesteine in diese Serie einordnen. Charakteristisch sowohl für die Anorthosite, als die Tönsbergite und die hierher gehörigen Pulaskite ist ein niedriger MgO-Gehalt; der Gehalt an Fe-Oxyden ist auch im Ganzen niedrig, etwas wechselnd, doch auch bei manchen Anorthositen 3—4 %.

Auch gewisse an dunkle Mineralien sehr arme Umptekite schliessen sich diesem Zweig der leukokraten Gesteinsserie der Feldspathgesteine an.

Einige Analysen werden die Beziehung dieses Zweiges der Feldspathgesteine zu den Anorthositen näher erläutern:

	Umptekit; Kola.	Tönsbergit; Bollærene.	Laurvikit; Nötterö.	Anorthosit; Egersund.	Anorthosit; Minnesota.
Si O ₂	63.71	59.38	56.85	53.42	47.25
Al ₂ O ₃ (& Ti O ₂) . . .	17.45	19.35	21.56	28.36	31.56
Fe ₂ O ₃ (& Fe O & Mn O)	3.89 ¹	5.11 ²	4.58	1.80	2.29
Mg O	0.90	0.91	0.85	0.31	0.27
CaO	3.11	4.36	5.26	10.49	15.39
Na ₂ O	8.26	5.15	6.07	4.82	2.52
K ₂ O	2.79	3.88	3.66	0.84	0.37
H ₂ O	0.19	0.90	0.52	—	0.40
	100.19	100.77	99.35	100.04	100.05

Die Analyse des Tönsbergits ist *neu* (V. Schmelck).

Es verhält sich in diesen Gesteinen:

	Ca : Na + K
Anorthosit, Minnesota	15.22 : 4.93 ung. 3 : 1
» Labrador	10.91 : 9.60 » 1 : 1
» Morin-Gebiet, Canada	9.30 : 12.06 » ³ / ₄ : 1
Laurvikit, Nötterö, Norw.	5.16 : 15.15 » ¹ / ₃ : 1
Umptekit, Kola	2.98 : 17.22 » ¹ / ₆ : 1

Wie man sieht, ist ein ziemlich grosser Sprung zwischen dem Laurvikit und den Anorthositen in Bezug auf den CaO-Gehalt vorhanden; die Serie der Tönsbergite (mit nahe sich anschliessenden leukokraten Übergangsgliedern von Pulaskiten, Umptekiten, Nordmarkiten) ist somit keine direkte Fortsetzung der Serie der typischen Anorthosite, welche K₂O-arme Gesteine sind und deshalb in kaliarmen Oligoklasgesteinen fortsetzen sollten, nicht in relativ K₂O-reichen Tönsbergiten. Doch muss erinnert werden, dass auch gewisse Anorthosite mit sehr niedrigem SiO₂-Gehalt relativ R₂O-reicher sind (z. B. das Gestein von Encampment Island, Minnesota, mit 1.56 K₂O, bei nur 47.40 Si O₂). Es zweigen sich deshalb von den Anorthositen zwei Reihen von Feldspathgesteinen ab nach dem sauren Pol hin, erstens Plagioklas-Gesteine (Oligoklasfelse, nur in unbedeutenden Vorkommen bekannt) und zweitens relativ CaO-reiche Natron-Kali-Feldspath-Gesteine, welche in den Tönsbergiten und gewissen Pulaskiten ausgezeichnete Repräsentanten haben.

¹ Ausserdem 0.86 TiO₂; im Fe₂O₃ einbegriffen 2.92 Fe₂O₃, 0.66 FeO, 0.20 MnO; siehe P. 310.

² 4.97 Fe₂O₃, 0.13 FeO. Ausserdem 1.36 TiO₂, 0.38 P₂O₅.

Alle diese Feldspathgesteine lassen sich am Einfachsten auf die gewöhnlichen Feldspathsilikate berechnen, und zum grossen Theil nur auf diese, während die Annahme von den Kernen CaAl_2Si_4 und NaAlSi_2 in manchen Fällen nicht möglich ist.

Wenn eine Berechnung auf die beiden Hauptkerne CaAl_2Si_4 und NaAlSi_2 bei den ziemlich reinen Feldspathkernen nicht möglich ist, ist damit auch die Berechtigung der Annahme ihres Vorhandenseins bei den diesen Gesteinen verwandten Serien, welche sich wesentlich durch reichlicheres Auftreten von (Mg, Fe)-Verbindungen unterscheiden, sehr abgeschwächt, obwohl diese Gesteine — wegen der Möglichkeit der Berechnung der (Mg, Fe)-Verbindungen bald auf basische Orthosilikate bald auf saurere Metasilikate — sich der Controlle bei intermediären Gliedern entziehen.

Wenn es deshalb auch bei diesen Gesteinen (Gabbrogesteinen, Dioritgesteinen, Monzonitgesteinen etc.) in vielen Fällen nicht möglich ist, aus der Berechnung selbst eine sichere Entscheidung zu treffen, so finde ich auf der anderen Seite keinen bestimmten Grund, welcher in diesen Gesteinen mehr als in den oben genannten reinen Feldspathgesteinen für die Annahme eines Kerns CaAl_2Si_4 sprechen könnte. Sicher ist, wie namentlich die Serie der Anorthosite zeigt, dass die Annahme dieses Hauptkerns, CaAl_2Si_4 , welcher in keinem Mineral als solcher bekannt ist, in vielen Fällen ausgeschlossen ist.

Ich komme deshalb zu dem Endresultat dieser Discussion des Kerns CaAl_2Si_4 , dass sein Vorhandensein in den Eruptivmagmen überhaupt als zweifelhaft angesehen werden muss, und in keinem Falle sicher bewiesen ist, während umgekehrt in manchen Fällen sicher bewiesen ist, dass ein derartiger Kern *nicht* existirt haben kann.

Was nun schliesslich die «Kerne» betrifft, welche die wesentlichen Bestandtheile der Fe-Mg-Verbindungen der Eruptivmagmen repräsentiren: R_2Si und RSi (wo $\text{R} = \text{Mg, Fe, Mn}$), so ist es höchst wahrscheinlich, dass diese Kerne in den meisten Eruptivmagmen, entweder beide oder einer derselben vorhanden waren.

Auf der anderen Seite lässt sich kaum behaupten, dass diese Kerne der Orthosilikate und Metasilikate von Fe und Mg, die *einzig* bei der Differentiation der Eruptivmagmen abgespalteten Verbindungen dieser Elemente gewesen wären. *Rosenbusch* hat auch selbst zugegeben, dass diese Kerne z. B. in den δ -Magmen nicht ausreichen, sondern

dass hier ausserdem vielleicht die Kerne Ca Si oder Mg Ca Si_2 angenommen werden müssen. Eine Berechnung der Al_2O_3 -armen sehr CaO -reichen Pyroxenite zeigt auch sofort, dass hier die eine oder die andere (wahrscheinlich die Verbindungen $\text{Ca Mg Si}_2\text{O}_6$) dieser Verbindungen nöthig ist.

Wahrscheinlich dürften in gewissen Magmen auch Verbindungen wie $(\text{Mg, Fe})\text{Al}_2\text{SiO}_6$ vorhanden gewesen sein.

Und auch mit den jetzt genannten Verbindungen oder «Kernen», ist die Anzahl der Verbindungen, welche in den Magmen vorhanden gewesen sein dürften, gewiss bei weitem nicht erschöpft. Abgesehen von anderen Silikaten müssen, wie namentlich *J. H. L. Vogt's* Untersuchungen über magmatische Concentrationserze zeigen, auch eine ganze Reihe von Metalloxyden und Metallsulphiden aus den Magmen abgespaltet und also in denselben als solche vorhanden gewesen sein, da sie sich, bisweilen zu reinen Massen von bedeutender Mächtigkeit, concentrirten: auch die in geringer Menge auftretenden Elemente Ti , P etc. etc. sollten eigentlich hier berücksichtigt werden, was aber für die allgemeine Petrographie von geringer Bedeutung ist.

Obwohl es in der Natur der Sache liegt, dass die zuerst erwähnten Hauptverbindungen: $\text{R}_2\text{Al}_2\text{Si}_5\text{O}_{16}$ und $\text{R}_3\text{Al}_3\text{Si}_3\text{O}_{12}$ (sowie $\text{R}_2\text{Al}_2\text{Si}_4\text{O}_{12}$), ferner $\text{Ca Al}_2\text{Si}_2\text{O}_8$, R_2SiO_4 , R SiO_3 , $\text{Ca R Si}_2\text{O}_8$, also die gewöhnlichen Silikate der Alkalimetalle und des Calcium, sowie die gewöhnlichen Silikate der herrschenden dunklen Mineralien (Pyroxene und Hornblenden, Olivine, Glimmerminerale) die grösste Verbreitung und deshalb die entscheidende Bedeutung bei der Zusammensetzung der Eruptivmagmen, wie auch bei den Differentiationsprocessen derselben, gehabt haben müssen, darf nicht ganz vergessen werden, dass gewiss auch eine Anzahl anderer gewöhnlich untergeordneter Verbindungen bei der Differentiation eine gewisse Rolle gespielt haben.

Da es indessen bei dieser Gelegenheit in erster Linie von Bedeutung schien, die Zusammensetzung der *Hauptkerne* der Eruptivmagmen zu beleuchten, wollen wir davon absehen, auf die Zusammensetzung und Anzahl der weniger wichtigen Verbindungen hier näher einzugehen. Die Hauptsache ist für diese, wie für jene, dass sie *aller Wahrscheinlichkeit nach Verbindungen gewesen sind, welche auch aus den Mineralien der Eruptivgesteine bekannt sind*. Es ist dies dasselbe Hauptresultat, welches auch oben aus dem detaillirten Studium der in dem Gangfolge des Laurdalits vorliegenden Differentiationsprodukte abgeleitet wurde.

Fassen wir die Resultate zusammen, die wir bei der obigen Revision der von *Rosenbusch* angenommenen Kerne erhalten haben, so folgt, nach meiner Ansicht, daraus:

1. Eine Verbindung $\bar{R} \text{ Al Si}_2 \text{ O}_6$ oder $\text{R}_2 \text{ Al}_2 \text{ Si}_4 \text{ O}_{12}$ entsprechend dem Kern $\bar{R} \text{ Al Si}_2$ scheint in den Eruptivmagmen nur eine relativ untergeordnete Rolle gespielt zu haben. Die herrschenden Alkali-Thonerde-Verbindungen scheinen die Feldspathsilikate $\text{R Al Si}_3 \text{ O}_8$ (oder $\text{R}_2 \text{ Al}_2 \text{ Si}_6 \text{ O}_{16}$) und die Nephelinsilikate R Al SiO_4 (oder $(\text{Na, K})_3 \text{ Al}_3 \text{ Si}_3 \text{ O}_{12}$) gewesen zu sein.
2. Das Auftreten eines Kerns $\text{Ca Al}_2 \text{ Si}_4$ (entsprechend einer als Mineral nicht bekannten Verbindung $\text{Ca Al}_2 \text{ Si}_4 \text{ O}_{12}$) scheint nicht annehmbar, wogegen das im Anorthit bekannte Feldspathsilikat $\text{Ca Al}_2 \text{ Si}_2 \text{ O}_8$ wahrscheinlich als die in den Eruptivmagmen herrschende CaAl-Verbindung angesehen werden muss. Die in den Eruptivmagmen herrschenden Al-Verbindungen mit Alkalimetallen und Calcium scheinen deshalb mit den allbekannten in den Mineralien der Eruptivgesteine herrschenden Silikaten des Feldspaths und des Nephelins identisch.
3. Die Bindung des Al in den Eruptivmagmen kann nicht ausschliesslich auf «Feldspathkerne» beschränkt werden; wahrscheinlich ist es z. B. theilweise auch in Mg- und Fe-Silikaten, und sicher auch theilweise gar nicht an Si gebunden gewesen.
4. Die «Kerne» von *Rosenbusch* scheinen mir somit, wie ich immer behauptet habe, durch die gewöhnlichen in den Mineralien der Eruptivgesteine selbst bekannten Verbindungen ersetzt werden zu müssen, und die Anzahl der in den Eruptivmagmen während ihrer Differentiationsprocesse vertretenen Verbindungen ist deshalb aller Wahrscheinlichkeit nach auch eine grössere, wenn auch nicht viel grössere gewesen, als von *Rosenbusch* in seiner «Kern-Hypothese» angenommen wurde.
5. Was die relativ «festen» Magmentypen betrifft, welche *Rosenbusch* aufgestellt hat, so umfassen dieselben nicht die Gesamtheit auch nur der in grossen Massen auftretenden Tiefengesteine. Es wurden schon oben nebenbei mehrere Magmentypen erwähnt, welche in keinen der aufgestellten Magmentypen eingeordnet werden können, so die Urtite, die Anorthosite etc. Das nähere Studium der Gesteinsserien und der Übergangstypen führt auch, wie an anderer Stelle nachzuweisen ist, auf die Nothwendigkeit der Ausscheidung einer grösseren Anzahl — durch alle Übergänge verbundenen — chemischen Typen.

Ich wäre der letzte, der verkennen wollte, dass unser grosser Meister *Rosenbusch* in seinen Magmentypen der Magmen φ , \mathfrak{J} , γ , δ , ψ und π und vielleicht noch mehr in seinen drei Hauptreihen von Eruptivgesteinen mit scharfem Blick die wichtigsten grossen Leitlinien einer genetischen Petrographie der Eruptivgesteine gezogen hat, ebenso, dass seine Erklärung ihrer genetischen Beziehungen durch *Abspaltungen* gewisser stöchiometrischen Verbindungen, Kerne, aus gemeinsamen Ur-Magmen der künftigen Forschung die Hauptwege gebahnt hat, — wenn auch die «Kerne» vielleicht theilweise andere sind, als von ihm zuerst angenommen, und wenn auch das Wesen der Differentiation vielleicht nicht mit den Hauptzügen seiner Kernhypothese im Einklang zu bringen ist. Wenn ich deshalb meine, dass die «Kernhypothese» in gewissen Einzelheiten nicht haltbar ist, so ist sie doch in sehr wesentlichen Beziehungen gewiss wahrscheinlich und hat, wie keine andere Hypothese auf dem Gebiete der genetischen Petrographie neues Land urbar gemacht. Das sollte nie vergessen werden.

Schlussbetrachtungen über die verschiedenen Deutungen der Differentiationserscheinungen der Eruptivmagmen.

Die nähere Betrachtung der chemischen Zusammensetzung der Eruptivgesteine scheint nach der oben gelieferten Revision der Kernhypothese von *Rosenbusch* die Annahme zu bestätigen, dass die beim Entstehen ihrer Magmen abgespalteten Verbindungen eben *dieselben stöchiometrischen Verbindungen gewesen sind, welche wir in den Mineralien der Eruptivgesteine vorfinden*, — also die Schlussfolgerung, welche aus dem Vergleich der Zusammensetzung des Laurdalits mit derjenigen seiner Gangefolgschaft gezogen wurde.

Dieselbe Schlussfolgerung konnte ich bei einer früheren Gelegenheit auch bei dem Studium der Differentiation in den gemischten Gängen ableiten.¹

Wir sollten jetzt eigentlich auch die übrigen Hauptpunkte der oben der ganzen Betrachtung zu Grunde gelegten «*Diffusionshypothese*» (Concentrationshypothese) näher diskutieren und dann schliesslich auch die gesetzmässigen Ursachen der gesammten Differentiationserscheinungen festzustellen versuchen.

Eine derartige ausführliche Behandlung des gesammten Gebietes der Differentiationslehre würde aber bei dieser Gelegenheit weiter führen, als die in dem Beobachtungsmateriale dieser Abhandlung vorgelegte Grundlage eigentlich erlaubt. Es scheint deshalb angemessen, eine derartige ausführlichere Diskussion auf einen folgenden Theil dieser Abhandlungsserie zu verschieben; die folgenden Bemerkungen sollen deshalb mehr dazu dienen, einige Einwendungen von Seiten der Gegner der

¹ Siehe die Eruptivgest. d. Kristianiageb. I, P. 147.

Differentiationshypothese (Diffusionshypothese) kurz zu beantworten, als diese Hypothese selbst erschöpfend zu behandeln.

Wir sind oben davon ausgegangen, dass die Entstehung der verschiedenen Zusammensetzung 1) der Salbänder und der Gangmitte bei gewissen gemischten Gängen, ebenso 2) der Grenzfacies und des Hauptmassives bei Intrusivmassen und Lakkolithen hypabyssischer und abyssischer Gesteine, endlich 3) die verschiedene (complementäre) Zusammensetzung eines Ganggefolges und seines Hauptgesteins (sowie 4) die Blutsverwandtschaft von Gesteinen derselben Eruptionsprovinz und Eruptionsepoche und 5) die gesetzmässigen chemischen Beziehungen der Eruptivgesteine im Allgemeinen) — in erster Linie durch die Annahme stattgefundener *magmatischer Spaltungen, Differentiationsprocesse*, erklärt werden können, und suchten in dem in dieser Abhandlung gewählten Beispiel näher nachzuweisen, wie man sich *den Gang dieser Differentiationsprocesse* vielleicht vorstellen könne, durch stattgefundene *Diffusionsbewegungen*, bei welchen gewisse stöchiometrische Verbindungen in der einen, andere in entgegengesetzter Richtung sich bewegt hätten.

Wenn hier, wie oben, der Ausdruck 'Diffusion' gebraucht wurde, will ich ausdrücklich bemerken, dass ich damit nicht diesen Ausdruck in streng physikalischer Bedeutung meine, sondern dadurch nur im Allgemeinen eine Bewegung von Flüssigkeits-Molekülen im Magma ausdrücken will;¹ von welcher Kraft diese Bewegung bewirkt ist, schien — so lange die Geologen selbst nicht einmal einstimmig die Nothwendigkeit der Annahme stattgefundener Differentiationsprocesse anerkannt haben, — zu entscheiden weniger wichtig, als für die Thatsache selbst unzweideutige Beweise zu liefern.

Es ist ja auch offenbar, dass die Beobachtungen an gewissen gemischten Gängen, bei welchen keine Resorbtion des Nebengesteins nachweisbar ist, und bei welchen alle Übergänge zwischen den z. B. basischen an (Fe, Mg)-Verbindungen reichen Salbändern und der z. B. an sauren Alkalithonerdesilikaten reichen Gangmitte stattfinden, kaum ohne eine derartige Annahme erklärt werden können; ebenso ist z. B. ein Lakkolith-Vorkommen, wie das bekannte von *Pirsson & Weed* beschriebene von Square Butte, Montana, ohne die Annahme einer Diffusion der Fe-Mg-Verbindungen nach der Grenzfläche hin nicht erklärlich.

¹ In ähnlicher Weise haben auch andere Verfasser den Ausdruck Diffusion gebraucht, so z. B. *R. Brauns* in seiner trefflichen Arbeit: «Chemische Mineralogie» (Leipzig 1896, P. 308): «In einem flüssigen Magma treten Diffusionsströmungen auf, die eine ungleiche Vertheilung der Stoffe zur Folge haben;» etc.

Es scheint nach einer reichhaltigen Reihe von Beobachtungen unzweifelhaft, dass die verschiedenartige chemische Zusammensetzung der peripherischen und der centralen Theile der Eruptivkörper — sie mögen als Gänge, oder kleinere Intrusivmassen, Lakkolithe, Stöcke etc. ausgebildet sein — eben mit der *Abkühlung der aufgedrungenen Magmen längs ihrer Grenzfläche in Verbindung stehen muss*. Man erkläre sonst den Differentiationsprocess selbst, wie man will, — dass die Differentiation, das heisst: die Bildung verschiedener chemischen Mischungen aus einem anders zusammengesetzten Magma, eben eine Function der Abkühlung dieses Hauptmagmas sein muss, geht so zu sagen direct aus den geologischen Beobachtungen selbst hervor.

Es genügt deshalb eigentlich auch, diejenigen welche die Möglichkeit einer Differentiation überhaupt bezweifeln, ganz einfach auf die gemischten Gänge erster Art (*Judd*) hinzuweisen. Dass hier die leicht zu beobachtenden geologischen und petrographischen Verhältnisse keine andere Erklärung als eine stattgefundene Diffusionsbewegung im flüssigen Magma erlaubten, lässt sich nach meiner Ansicht in zahlreichen Fällen ganz unbestreitbar nachweisen.

Unter denjenigen, welche bis zur letzten Zeit die Differentiationslehre nicht anerkannt haben, ist in erster Linie zu nennen *G. F. Becker*. In seiner Abhandlung «Some queries on rock differentiation»¹ hat er zu beweisen versucht, dass eine Diffusion in Magmen, wie die Differentiationslehre fordert, so unendlich langsam stattfinden müsste, dass schon die enormen Zeiträume, welche für eine solche nöthig gewesen wären, die Unmöglichkeit derselben genügend darzulegen scheinen.

Zu den gewiss sehr schätzenswerthen Berechnungen *Beckers* kann bemerkt werden, dass er bei seinen Betrachtungen über die Beschaffenheit der Eruptivmagmen von mehreren Voraussetzungen ausgeht, welche vielleicht nicht ganz zutreffend sind. In erster Linie scheint er die Eruptivmagmen als sehr *zähflüssig*, viscos, aufgefasst zu haben (er vergleicht sie mit den schwerflüssigen Lavaströmen des Vesuvs).² Diese Auffassung dürfte aber aller Wahrscheinlichkeit nach unrichtig sein. Es ist ganz gewiss richtig, dass *wenn* die Magmen, in welchen Spaltungen stattgefunden haben, so zähflüssig, viscos, wie z. B. die Vesuvlaven gewesen wären, sie dann auch schwierig nennenswerthe Differentiationen

¹ Amer. journ. of science, Vol. III, 1897, P. 21—40. Siehe auch: «Note on computing diffusion»; ib. P. 280—286.

² Siehe den Abschnitt P. 30 l. c. «It is, therefore irrational to assume that lavas prior to eruption are at all more fluid than they are at eruption».

gestattet haben könnten; denn es ist eben eine genügend bekannte Tatsache, *dass in Ergussgesteinen wohl niemals nennenswerthe echte Differentiationserscheinungen nachweisbar sind.* Wenn sie überhaupt in Laven vorkommen, sind sie jedenfalls ganz minimal; so viel mir bekannt, ist auch niemals in einem Lavastrom eine beträchtliche Differentiation der gleichen Art wie in hypabyssischen und abyssischen Gesteinen beobachtet. *Das ist eben ein wichtiger Unterschied zwischen Ergussgesteinen auf der einen Seite und hypabyssischen und abyssischen Gesteinen auf der anderen,* dass in den ersteren keine nach ihrem Ergiessen stattgefundenen magmatische Spaltungsvorgänge nachweisbar sind,¹ während sie bei den letzteren ganz allgemein verbreitet sind.

Daraus folgt aber umgekehrt auch, dass entweder die Beschaffenheit der flüssigen Massen der Lava-Ergüsse und der unterhalb der Oberfläche erstarrten Magmen wesentlich verschieden gewesen sein muss, oder dass jedenfalls die Erstarrungsbedingungen bei beiden ganz andere gewesen sind, oder dass in beiden Beziehungen ein wesentlicher Unterschied vorhanden gewesen sein dürfte.

Was zuerst die *Erstarrungsbedingungen* betrifft, so sind diese in erster Linie für Oberflächenergüsse und in der Tiefe erstarrten Magmen dadurch verschieden gewesen, dass bei den ersteren die Abkühlung bei gleichen Massen natürlich bei weitem schneller stattfinden musste; in so fern liegt schon hier *eine* naheliegende Erklärung der fehlenden Differentiation bei Ergüssen, indem, wie *Becker* mit Recht annahm, eine weiter getriebene Spaltung an und für sich, ganz abgesehen von der Beschaffenheit des Magmas, eine ziemlich lange Zeit erfordert haben dürfte. Zweitens erstarren die Magmen in grösserer Tiefe unter *Druck*; damit in Verbindung steht offenbar der wichtigste Umstand, nämlich die gänzlich *verschiedene Beschaffenheit* der in der Tiefe erstarrten Magmen, indem sie die in denselben enthaltenen Massen von Wasser und anderen flüchtigen Agensen bei langsamer Erkaltung unter Gegendruck relativ langsam abgeben müssen, während die Lavamassen die enthaltenen Gase und Dämpfe während der schnellen Erkaltung relativ rapid und ohne nennenswerthen Gegendruck entweichen lassen.

So lange die Magmen diese Massen von Wasserdampf etc. enthielten müssen sie aber eine ausserordentlich viel grössere äussere und innere Beweglichkeit besessen haben, als nachdem diese, wie bei den Ergüssen, grösstentheils abgegeben waren. In so fern ist die Bedeutung der «fluides

¹ Eine bisweilen beobachtete Anordnung der schon ausgeschiedenen Mineralien in Ergüssen nach der Schwere ist natürlich nicht mit den unterhalb der Oberfläche im flüssigen Magma stattgefundenen Differentiationserscheinungen gleich zu stellen.

minéralisateurs», die namentlich *Michel-Lévy* überzeugend behauptet hat, gewiss nicht hoch genug zu schätzen, und dies zwar für die abyssischen und hypabyssischen Eruptivmagmen im Allgemeinen, nicht ausschliesslich für die Alkali-Magmen. Sie sind gewiss, wie schon *Th. Scheerer* vor einem halben Jahrhundert hervorgehoben hat, alle, obwohl in höherem oder geringerem Grade *hydoto-pyrogene* Magmen, und nicht wie die Lavaergüsse, die das Wasser schon zum grössten Theil verloren haben, trockene Schmelzmassen gewesen.

Nun muss es aber aus der eben durch die Abgabe vom Wasser etc. des Eruptivmagmas vermittelten *Contactmetamorphose* bei Tiefengesteinen und hypabyssischen Gesteinen mit ausserordentlicher Wahrscheinlichkeit geschlossen werden, dass diese Abgabe der im Magma eingeschlossenen Massen von Wasserdampf, Fluor, Bor etc. *lange Zeit* in Anspruch genommen haben dürfte; eine so vollständige Umkrystallisation in einem Umkreise von vielen Kilometern, welche die Contactzone mancher Tiefengesteine aufweisen, dürfte gewiss über lange Zeiträume ausgedehnt gewesen sein.

So lange diese Abgabe von Wasser etc. zum Nebengestein stattfand, mussten aber im Magma stetige innere Bewegungen stattgefunden haben, so lange mussten auch Diffusionsströmungen, welche eine Differentiation vermittelten, leicht vorgehen können, und so lange das Magma noch reichlich Wasser enthielt, musste es hinreichend leichtflüssig und beweglich sein, um solche zu gestatten.

Es ist auch sehr bezeichnend, dass, wenn die Differentiationserscheinungen in Tiefengesteinen und hypabyssischen Gesteinen auffallend gut ausgebildet sind, dann ist gewöhnlich auch eine kräftige Contactmetamorphose vorhanden, und dies auch selbst bei relativ kleinen Massen (Gängen), während Gänge, bei welchen eine Contactmetamorphose des Nebengesteins *vollständig* fehlt, so viel mir bekannt, auch keine nennenswerthe chemisch abweichende Beschaffenheit der Grenzfacies aufweisen; jedenfalls kenne ich aus dem Kristianiagebiet kein derartiges Beispiel.

Ich meine also, dass *Becker's* Voraussetzung über die Beschaffenheit der Magmen, wenn er sie als ebenso viscos, wie Lavaströme aufgefasst hat, für die in der Tiefe erstarrten hydatopyrogenen Magmen nicht ganz zutrifft; die durch auffallende Spaltungserscheinungen charakterisirten hypabyssischen und abyssischen Gesteine sind wahrscheinlich aus Magmen erstarrt, die vor dem Erstarren lange Zeit mehr oder weniger leichtflüssig gewesen sind und wenigstens so lange eine Diffusion mit ziemlicher Leichtigkeit erlaubten; schon durch die Abgabe der frei werdenden Dämpfe und Gase selbst muss eine Diffusionsbewegung des Magmas in

hohem Grad gefördert gewesen sein. Dass auch die unterhalb der Oberfläche erstarrten Magmen während der Krystallisation selbst schliesslich wohl steif und viscos wurden, schliesst somit nicht eine vorher stattgefundene Differentiation derselben aus.

Obwohl nun die Voraussetzung *Beckers* über die sehr zähflüssige Beschaffenheit der unterhalb der Erdoberfläche erstarrten Magmen somit kaum ganz zutreffend ist, und obwohl die Bedeutung der gewöhnlichen Diffusion während der langsamen Abkühlung des Magmas vielleicht von ihm etwas unterschätzt sein dürfte, so dürfte es dennoch durch seine Beweisführung über die Langsamkeit eines in dieser Weise vermittelten Differentiationsprocesses genügend dargethan sein, dass gewöhnliche Diffusion *nicht* die grossartige und allgemeine Verbreitung der Differentiationserscheinungen bei den Eruptivmagmen erklären kann. Die Unzulänglichkeit des Soret'schen Principes (früher auch von *Bäckström*, *Harker* u. a. dargethan), sowie der gewöhnlichen Diffusion überhaupt als Erklärung der magmatischen Differentiation muss nach der werthvollen Untersuchung *Becker's* wohl als endgültig bewiesen angesehen werden.

Becker schloss nun aber aus dieser seiner Untersuchung anfangs nicht nur, dass diese bisher häufig angenommene Diffusionshypothese für die Erklärung der magmatischen Differentiation ungenügend sein musste, sondern vielmehr, dass überhaupt keine magmatischen Spaltungen stattgefunden haben könnten.

In geradem Gegensatz zu der Annahme stattgefundener Differentiationsprocesse ging dann *Becker* noch im Jahre 1897 davon aus, dass die muthmaasslichen Differentiationserscheinungen eher von der Mischung ungleich zusammengesetzter Magmen («mixture by eruption») herrühren dürften. In einigen Fällen sind die aufgepressten Massen gewiss vom Hause aus inhomogen gewesen. In manchen Fällen ist es auch schwierig sicher zu beweisen, dass eine derartige Erklärung nicht möglich ist; in wieder anderen aber lässt sich entschieden thun. So ist es z. B. wohl unmöglich, durch eine derartige Hypothese die beobachteten Verhältnisse zwischen Salbändern und Gangmitte bei den zahlreichen gemischten Gängen der Glimmersyenitporphyre vom Huk-Nakholmen-Typus im Kristianiagebiet zu erklären, — welche so viel mir bekannt *ohne Ausnahme* sämmtlich in ihrer ganzen Länge (mehrere derselben lassen sich eine Anzahl Kilometer weit verfolgen) an beiden Salbändern eine basische Diabas-Facies beiderseits der sauren Gangmitte mit Übergängen in dieselbe aufweisen. Es muss hier, wie ich selbst und *Vogt* schon längst nachgewiesen haben, eine Differentiation in den Gangspalten selbst an Ort und Stelle stattgefunden haben; eine «mixture by eruption»

könnte unmöglich in einer so grossen Anzahl von Gängen derselben Art eine so regelmässige Anordnung der dunklen basischen Mischung an den Salbändern, der hellen sauren in der Gangmitte hervorgebracht haben, abgesehen davon, dass auch eine ganze Reihe anderer Umstände (siehe oben P. 286 Anm., wo auf die Litteratur dieser Gänge hingewiesen ist) ohne die Annahme einer Differentiation unerklärlich sein dürften.

Selbst wenn auch in gewissen Fällen nachgewiesen werden könnte — und solche Fälle sind ja wie bekannt, mehrere beschrieben — dass verschiedenartige Mischungen sich bei Eruptionen gemengt und einander beeinflusst haben, so lässt sich also deshalb die Annahme stattgefundener Spaltungen in anderen Fällen nicht entbehren.

Es würde eine Wiederholung geben, zu versuchen, die mit *Beckers* Hypothese von «mixture by eruption» ziemlich gleichartige Hypothese von Prof. *W. F. Sollas*, in seiner interessanten Abhandlung «On the relation of the granite to the gabbro of Barnavaves, Carlingford» (Transact. of the Roy. Irish Acad. Vol. 30, Part XII, 1894; besonders P. 504—510) zu widerlegen; die Beweisführung müsste auch hier auf die gemischten Gänge, auf gewisse Grenzfaciesbildungen in Laccolithen (z. B. Square Butte, Montana) etc. hinweisen. Ähnliches gilt den Bemerkungen von Prof. *Grenville A. I. Cole* gegenüber in seiner Abhandlung «On the geol. of Slieve Gallion» etc. (ib. Ser. II, Vol. 6, 1897). Der Hauptbeweis gegen jede Mischungshypothese liegt aber wohl, wie schon oben erwähnt, in erster Linie in den regelmässigen (offenbar gesetzmässigen) Relationen, welche Grenzfacies und Gangfolge im Verhältniss zum Hauptgestein zeigen; eine Mischung jeder Art müsste doch im Allgemeinen zu *zufälligen* Combinationen führen.¹

In allerneuester Zeit (1897) hat dann auch *Becker* selbst anstatt schlechthin die Differentiationserscheinungen zu leugnen, den Versuch gemacht, eine neue Erklärungsweise derselben zu liefern, nämlich durch die Hypothese ihrer Entstehung durch «*fraktionirte Krystallisation*». Über diese Hypothese siehe weiter unten.

Eine ziemlich gleichartige Stellung wie *Becker* hat auch *Michel-Lévy* (und mit ihm eine Reihe französischer Forscher) zu der Differentiationslehre eingenommen, in so fern als er wie *Becker* lange jede Differentiation verneint zu haben scheint, um auch schliesslich selbst das thatsächliche Verhältniss anzuerkennen.²

¹ Siehe auch oben P. 228—231. Siehe auch *Rosenbusch*, Chem. Bez. d. Eruptivgesteine; I. c.

² Die Bemerkungen P. 247 waren schon gedruckt (1897) ehe die letzten Abhandlungen von *Michel-Lévy* und *Becker*, in welchen sie eine Differentiation anerkennen, mir in die Hände gekommen waren.

In seinen älteren Arbeiten hat *Michel-Lévy*, soviel ich gefunden habe, die Differentiationslehre in der Regel kaum einmal erwähnt; selbst in Abhandlungen vom letzten Jahre (1897) hat er, wie es scheint, die Möglichkeit einer Differentiation überhaupt bekämpft; so bemerkt er in seiner hochinteressanten Abhandlung: «Mémoire sur le porphyre bleu de l'Esterel»¹ folgendes: «Si on veut recourir à la notion des différenciations d'un magma primitivement homogène, on se heurte à de nombreuses difficultés» etc.; «l'hypothèse à laquelle nous nous arrêtons d'une assimilation partielle des salbandes nous paraît la plus vraisemblable».

Auch in seiner Abhandlung: «Sur quelques particularités de gisement du porphyre bleu de l'Esterel» (Application aux récentes théories sur les racines granitiques et sur la différenciation des magmas éruptifs)², welche eine ziemlich ausführliche Kritik der Differentiationshypothesen enthält, verwirft er diese sämtlich ziemlich categorisch, ohne eine neue Erklärung der Thatsachen an deren Stelle zu setzen³.

Um so mehr musste es überraschen gleich nachher auch von der Seite der französischen Schule in einer neuen Abhandlung (1897) von *Michel-Lévy* selbst eine Bearbeitung der Differentiationserscheinungen aus ganz neuen Gesichtspunkten, eine neue Differentiationshypothese zu erhalten⁴. Die Hauptzüge dieser Hypothese sind ungefähr die folgenden:

In seiner Zusammenfassung der Bearbeitung der verschiedenen näher festgestellten chemischen Mischungen der Eruptivgesteine nimmt er schliesslich eigentlich nur zwei wesentlich verschiedene Hauptmagmen an: 1. «le magma ferro-magnésien» und 2. «le magma alcalin»; diese entsprechen einigermaassen den schon von *Rosenbusch* unterschiedenen *reinen* Magmen, den π -Magmen und den φ -Magmen. Alle anderen Magmen wären Mischungen.

Die Eisen-Magnesia-Magmen sollten ihrem ganzen Wesen nach von den Alkali-Magmen fundamental verschieden sein; dieser fundamentale Unterschied findet seinen Ausdruck darin, dass die aus den ersteren hervorgegangenen Gesteine durch Erstarrung ihrer Schmelzmassen («par fusion purement ignée») gebildet wären, wie sie auch künstlich auf

¹ Bull. d. services d. l. carte d. l. France, No. 57 (T. IX) P. 41 ff. (1897).

² Bull. d. l. soc. géol. de France, (3) Vol. 24, P. 123 ff. (1896).

³ Diese Abhandlung enthält übrigens namentlich eine Antwort auf meine Kritik seiner Durchschmelzungshypothese und eine Kritik der von mir behaupteten Intrusionshypothese zur Erklärung des Eruptionsmechanismus der Tiefengesteine. Ich werde diese Kritik, welche mehrere Missverständnisse enthält, bei anderer Gelegenheit beantworten.

⁴ «Classification des magmas des roches éruptives»; Bull. d. l. soc. géol. d. France, (3) T. 24, P. 326—377 (1897); auch hier schliesst er sich der Kritik *Becker's* über die Diffusionshypothese an (P. 341: «il nous paraît, qu'il a de bonnes raisons pour être sceptique».).

trockenem Wege gebildet werden können, während die aus Alkali-magmen hervorgegangenen Gesteine nicht auf rein trockenem Wege reproducirt werden können und offenbar aus mit «agents mineralisateurs» überladenen Magmen («par fusion aqueuse») erstarrt wären.

Ein Reservoir mit Magma in der Tiefe sollte nun im Allgemeinen gefüllt sein 1) durch Aufdringen des geschmolzenen Fe-Mg.-Magma; 2) durch Zuführen der Bestandtheile der Alkali-Magmen (Alkalien, Thonerde, Kieselsäure) mittels «fluides mineralisateurs»; 3) durch Einschmelzen (refusion, assimilation) der Wände des Reservoirs.

In dem in dieser Weise gebildeten Magma sollte nun (doch nur in höherem Niveau) eine Art Differentiation stattfinden können durch die Cirkulation der mineralbildenden Flüssigkeiten, welche vorzugsweise Alkalien, Thonerde und Kieselsäure nach den höheren Theilen des Magmas transportiren sollten¹. «C'est dans cette circulation de fluides sous pression et à haute température que nous voyons l'agent actif de la différenciation des réservoirs de magma éruptif» (P. 371); «la cause des différenciations réside dans la circulation des éléments entraîna- bles, alcalis, alumine, silice, favorisée par celle des minéralisateurs» (P. 374); und ferner (P. 373): «Jci le magma . . . va subir, du chef de la circulation des minéralisateurs, une différenciation analogue à celle que la loi de Soret peut faire supposer, mais en sens invers. C'est en haut que se concentreront les magmas de plus en plus alcalins et siliceux; c'est à la base que le magma ferro-magnésien tendra à se reconstituer dans un état de pureté plus ou moins avancé. Après un long temps d'éla- boration, on aura donc bien, en superposition, ces magmas très alcalins et très magnésiens» etc.

Diese Auffassung findet nach *Michel-Lévy* ihre Bestätigung in der *Eruptionsfolge*, wobei die sauren Producte zuerst, die basischen zuletzt aufdringen sollten; diese Reihenfolge sollte nach *Michel-Lévy* «l'ordre habituel» repräsentiren.

So sind in kurzem Resumé und abgesehen von Nebensachen die Hauptzüge der Differentiationshypothese des genannten hervorragenden französischen Forschers; ein jeder der seine Darstellung wiederholt durch- studirt hat, wird wohl aus derselben den Eindruck bekommen, dass die geologischen Vorkommen in Frankreich überhaupt keine günstigen Be-

¹ In etwas tieferen Magmareservoirs sollte eine derartige Differentiation nicht stattfinden können; es sollte deshalb von einem solchen unter gewöhnlichen Umständen zuerst die unreine Eisenschlacke, das Fe-Mg-Magma, als Basalte und andere basische Massen, aufsteigen; erst nachträglich sollte durch Einschmelzen der Seitenwände das Magma saurer und alkalireicher werden (P. 372—373).

dingungen für das Studium der Differentiationserscheinungen darbieten können, sonst müsste die Begründung der Hypothese eine andere gewesen sein.

Die Beobachtungsgrundlage des Studiums der Differentiationserscheinungen ist, wie oben mit Nachdruck öfters wiederholt, in erster Linie zu suchen:

1. im Verhältniss zwischen Salbändern und Gangmitte bei gemischten Gängen und bei Gängen überhaupt, bei welchen die chemische Zusammensetzung von Salbändern und Gangmitte verschieden ist;
2. im Verhältniss zwischen Grenzfacies und Hauptgestein bei intrusiven hypabyssischen und abyssischen Massen, welche chemische Unterschiede von Grenzfacies und Hauptgestein zeigen;
3. im Verhältniss der chemischen Zusammensetzung eines Ganggefolges zu derjenigen seines Hauptgesteins, namentlich auch im Vorkommen complementärer Gänge.

Das reichhaltige Material von Beobachtungen über diese Beziehungen, welches jetzt aus der ganzen Welt vorliegt, namentlich aus zahlreichen amerikanischen, englischen, scandinavischen und deutschen Vorkommen, *das* muss in erster Linie als Basis für jede Erklärung der factisch stattgefundenen, in den Beobachtungen vorliegenden Differentiationserscheinungen dienen; erst in der äusseren Peripherie schliesst sich dazu eine bei weitem weniger zuverlässige Beobachtungsgrundlage über verwandte Eruptivmassen derselben Eruptionsepöche (consanguineous rocks), über die Eruptionsfolge, wie über die chemischen Beziehungen der Eruptivgesteine im Allgemeinen.

Die drei oben angeführten Hauptreihen von Beobachtungen im Gebiete der Differentiationslehre werden aber von *Michel-Lévy* so gut wie gar nicht berührt; namentlich ist die Bedeutung der häufig so überzeugenden Verhältnisse der Ganggefolgschaften zu ihrem Stammagma (Hauptgestein), welche z. B. in dieser Abhandlung der Hauptgegenstand unserer Untersuchungen gewesen ist, nur ganz oberflächlich berührt¹. Und was die Erklärung der abweichenden chemischen Mischungen der Grenzfaciesbildungen (was er «*métamorphisme endomorphe*» nennt), durch «*l'absorption par certaines roches granitoides de grandes masses de leurs salbandes et la transformation radicale de leurs magmas à la suite de ces digestions locales*», also durch Assimilation des Nebengesteins, so ist diese Erklärung zwar sehr einfach, lässt sich aber leider gar nicht

¹ Ich benutze hier die Gelegenheit auch auf die besonders interessante neuerdings erhaltene Abhandlung von *Mats Weibull*: «*Basiska eruptioner inom V. Silfbergsfältet i södra Dalarna*» (Lund 1897) die Aufmerksamkeit zu lenken. (Zusatz in der Correctur.)

als allgemeine Erklärung aufrecht halten, wie schon das oberflächliche Studium mancher gemischten Gänge zeigt¹. Noch überzeugender ist vielleicht das von *Weed & Pirsson* beschriebene auch oben erwähnte Beispiel des Lakkolithes von Square Butte, Montana; es ist hier, wie von den Verfassern angeführt, unmöglich, dass eine Resorption des Nebengesteins die basische Beschaffenheit der aus Shonkinit bestehenden Grenzzone erklären kann, da das Nebengestein aus sauren Sandsteinen besteht.

Es müsste also in einem derartigen Beispiel thatsächlich eine Differentiation, keine «digestion des salbandes» stattgefunden haben; diese könnte aber dann gar nicht in der von *Michel-Lévy* angenommenen Weise durch Transportiren von Alkalien, Thonerde und Kieselsäure nach oben (en haut) mittels «fluides mineralisateurs» vor sich gegangen sein. Denn die Dachfläche des Lakkolithes von Square Butte zeigt eben umgekehrt eine mit Mg-Fe-Ca-Verbindungen angereicherte Grenzschicht, während das Hauptgestein (Sodalithsyenit) ein «magma alcalin» darstellt; ich könnte hier auch ganz entsprechende später zu beschreibende Beispiele aus dem Kristianiagebiet (Gegend von Hurdalen) anführen.

Und gerade so wie der Fall in Square Butte ist, finden wir die Verhältnisse auch in vielen anderen Fällen, theils in Intrusivmassen und Lakkolithen aller Grössen, theils in gemischten Gängen: die (nach der Abkühlungsfläche hin) transportirten Verbindungen sind in erster Linie die Bestandtheile des «magma ferro-magnésien», nicht diejenigen der Alkalimagmen. Dies ist in erster Linie auffallend bei sauren und mittel-sauren Magmen; auch bei manchen basischen Gesteinen findet aber noch dasselbe Verhältniss statt. Es ist dies überhaupt ein so allgemein verbreitetes Verhältniss, dass Beispiele des umgekehrten Verhältnisses fast nur als Ausnahmefälle angesehen werden können. Dass die Grenzzone der in Abkühlung begriffenen hypabyssischen und abyssischen Eruptivmagmen bei der Differentiation in bei weitem den meisten Fällen «mehr basisch» (angereichert mit Fe-Oxyden und Sulfiden mit TiO_2 , P_2O_5 , mit (Fe, Mg)-Verbindungen, Kalkthonerdesilikat) geworden sind, ist eine so allgemeine, von fast allen Petrographen anerkannte Erfahrung, dass dies

¹ So zeigen z. B. im Kristianiagebiet die oben erwähnten Glimmersyenitporphyrgänge vom Huk-Nakholmen-Typus, aus welchen jetzt eine bedeutende Anzahl bekannt ist, dieselben (Fe, Ca)-reichen basischen Salbänder, ob sie durch kalkfreie silurische Thonschiefer (2 e, 3 a, Vålkerö, 4 a α, Huk), durch Kalksteine (4 b, Bygdö, etc.), oder durch Gneiss (Näsodden) aufsetzen; es könnte hier eine Reihe anderer Beispiele erwähnt werden, bei welchen weder Assimilation des Nebengesteins noch ungleichzeitige Eruptionen von Salbändern und Gangemitte angenommen werden können. — Siehe auch die Beschreibung *Lawson's* von den Gängen von *Rainy Lake region*; etc.

Verhältniss ganz unzweifelhaft als das *normale* bezeichnet werden kann.¹ Es ist bei kleinen, wie bei grösseren Eruptivkörpern so häufig, dass Beispiele eigentlich überflüssig sind; die petrographische Litteratur des späteren Decenniums strotzt ja von Beispielen.²

Mit dieser allgemeinen Erfahrung von den Grenzfaciesbildungen der Eruptivkörper stimmen in vielen Fällen auch die Beobachtungen über die *Eruptionsfolge*; hier ist das Verhältniss jedoch, wie ich öfters bemerkt habe, mehr complicirt, so dass keine einzige bestimmte Reihenfolge der Eruptionen allgemeine Gültigkeit hat. Jedoch ist es wahrscheinlich, dass die häufigste Eruptionsfolge bei Tiefengesteinen eine Nacheinanderfolge von immer saureren Eruptionen aufweist, nicht umgekehrt. Ich kann in dieser Beziehung auf meine frühere Darstellung (Eruptivgest. d. Kristianiageb. II) hinweisen, wobei bemerkt werden kann, dass jetzt mehrere neue Beispiele hinzugefügt werden könnten. Besonders überzeugend ist die ausgezeichnete Darstellung von *A. Geikie* über die Eruptionsgeschichte der britischen Inseln; an keiner Stelle in der Welt liegt ein so reichhaltiges Material zum Studium der Eruptionsgeschichte von den ältesten zu den jüngsten Zeiten vor, als hier. Eben deshalb haben die Resultate *Geikies* ein ganz besonderes Interesse; er fasst sie in folgenden Worten zusammen³: «With the important exception of the Snowdonian region and possibly others, we find that the earlier eruptions of each

¹ Siehe schon W. C. B., Zeitschr. f. Krystallogr., B. 16, P. 85 (1890). — Siehe z. B. auch L. V. Pirsson, «Complementary rocks and radial dykes» (Amer. jour. of sc., Vol. L, 1895, P. 119): «It is generally considered at the present time by the most petrologists that the process of differentiation in molten magmas takes place by the diffusion of the oxydes of lime, iron and magnesia towards the outer cooling margins of the enclosed mass. . . . The process . . . may yet well be called the normal one.» Siehe ferner auch *A. Geikie* (The ancient volcanoes of Great Britain, II, P. 476): «The basic elements having tended to mass themselves towards the margins of the rock, leaving more acid material in the centre.»

² Hier sollen nur ganz wenige mehr eclatante grössere Beispiele erwähnt werden: bei *Graniten*: Durbachit als Grenzfacies von Granitit, Schwarzwald (*Sauer*, Mitt. Gr. Bad. geol. Landesanst., II, 1891) Granit mit Grenzfacies von Hornblende-Biotitgranit, Tonalit, Diorit, Wehrlit, Picrit, Serpentin etc. in Garabal Hill, Schotland (siehe *Dalrymple & Trail*, Quart. Journ. Geol. Soc. 1892, P. 104); Gabbro als Grenzfacies von Granitit, Ångermanland, Schweden (*H. Lundbohm*, Geol. för. i Stockholm förhandl., B. 15, P. 325; siehe auch *A. G. Högbom*, ib. P. 209 ff.); bei *Quarzsyeniten*: Akerit als Grenzfacies von Nordmarkit, an zahlreichen Stellen im Kristianiagebiet (W. C. B.); bei *Nephelin-Sodalith-Syeniten*: Shonkinit als Grenzfacies von Sodalithsyenit, Square Butte, Montana (*Pirsson*); wahrscheinlich auch Lujaurit als Grenzfacies von Chibinit, Kola (*Ramsay*), verschiedene basische Gesteine (Lujaurite etc.) als Grenzfacies von Sodalithsyenit, Kangardluarsuk, Grönland (*Steenstrup, Ussing*); bei *Essexiten*: Pyroxenite, Hornblendite als Grenzfacies, Gran, Norwegen (W. C. B.); bei *Gabbrogesteinen*: basische Grenzfacies von Carrock Fell, Lake District, England (*Harker*); etc. etc. Für weitere Beispiele siehe an mehreren Stellen in *Rosenbusch's Physiographie II* (3te Auflage); sie sind jetzt zahlreich und aus allen Theilen der Welt bekannt.

³ «The ancient volcanoes of Great Britain»; 1897, B. II, P. 477.

period were generally most basic, and that the later intrusions were most acid.» «There has evidently been, on the whole, a progressive diminution in the quantity of bases and a corresponding increase in the proportion of acid in the lavas erupted during the lapse of one volcanic period. This sequence is so well marked and so common, that it cannot be merely accidental», etc. etc.

Soweit Sir *Arch. Geikie*. Ähnliche Erfahrungen über eine im Ganzen zunehmende Acidität der jüngeren Eruptionen im Vergleich mit den älteren geht auch aus anderen in neuerer Zeit vorgelegten Beispielen hervor. Hier soll weiter nur an die schönen Untersuchungen von *J. L. Hibsch* aus Böhmen, zusammengefasst in seinem kleinen Resumé «Über die Eruptionsfolge im böhmischen Mittelgebirge»¹ erinnert werden; abgesehen von diaschisten Gangeruptionen ist die Folge: 1) ältere Basaltgesteine (Nephelinbasalte, Plagioklasbasalte) mit $39\frac{1}{3}$ — $43\frac{2}{3}$ % SiO_2 , reich an CaO , MgO und Fe-Oxyde , arm an K_2O (1.23—2.48 %), 2) tephritische Gesteine mit ca. 45 bis (ausnahmsweise) 55 % SiO_2 , arm an MgO , reich an Alkalien und Al_2O_3 ; 3) Essexit, mit ca. $50\frac{1}{2}$ % SiO_2 , relativ wenig chemisch verschieden von Gruppe 2; 4) Phonolithe mit 55— $56\frac{1}{2}$ % SiO_2 , wenig MgO , CaO , Fe-Oxyde , viel Alkalien und Al_2O_3 ; 5) Trachyte mit ca. $64\frac{2}{3}$ % SiO_2 , sehr arm an MgO , CaO , Fe-Oxyde .

Diese Folge zeigt also offenbar im Grossen eine Zunahme von SiO_2 , eine Abnahme von MgO , CaO und Fe-Oxyden , ganz wie im Kristiania-gebiet, in Süd-Tyrol und an vielen anderen Stellen.²

Gegenüber diesen Erfahrungen von England und zahlreichen anderen Stellen in der Welt, lässt sich kaum aus den wenigen französischen Beispielen die Behauptung aufrecht halten, dass die umgekehrte Reihenfolge (sauer-basisch) «l'ordre habituel» repräsentiren sollte. Wie ich immer gesagt habe, eine ganz bestimmte Eruptionsfolge, welche in allen Fällen sich wiederholt, existirt nicht, und kann aus guten Gründen nicht existiren.³

¹ Sonderabdr. aus den Sitzungsber. d. deutsch. naturw. medicin. Vereins f. Böhmen «Lotos» 1897. No. 1; siehe auch seine ausführliche Abhandlungsreihe.

² Siehe meine frühere Zusammenstellung in Eruptivgest. d. Kristiania-geb. II. Siehe auch *W. Moericke*, «Geol. petrogr. Studien in den Anden», Sitzungsber. der Berlin. Acad. 1896, B. 44, P. 1169, über die Eruptionsfolge in den chilenischen Anden: Durch Lias und Trias und bis Mitte der Kreidezeit basische Magmen, dann immer saurere und saurere Felsarten in der späteren Kreidezeit. Dann wieder (wie in England) in Eocæn basische Plagioklasgesteine, welche in der jüngeren Tertiärzeit von saureren Andesiten und Lipariten abgelöst wurden. Die jüngsten Laven wieder basaltisch.

³ Ich habe dies auch niemals behauptet; gegenüber Herrn *M. L. De Launay*, welcher seinem «maitre Michel-Lévy» (Contrib. à l'étude des gîtes métallifères); Extr. d. Ann. d. Mines, Août 1897, P. 10, Anm.) treu zu folgen scheint, möchte ich ihm den Rath

Es scheint mir nach dem Obigen die von *Michel-Lévy* aufgestellte Hypothese zur Erklärung der Differentiationserscheinungen der Eruptivmagmen somit einer näheren Prüfung gegenüber nicht haltbar; sie stimmt nicht mit den Beobachtungen überein und ist überhaupt ungenügend begründet. Obwohl die genannte Abhandlung *Michel-Lévy's* sonst in mehreren Beziehungen schätzenswerthe Betrachtungen enthält, kann ich deshalb dennoch nicht beistimmen, wenn er seine Darstellung (l. c. P. 374) in folgender Weise zusammenfasst: «Ainsi l'hypothèse, que nous venons de développer, aurait l'avantage de tenir compte des fumerolles volcaniques, des phénomènes de metamorphisme endomorphe et exomorphe des roches profondes, de l'ordre habituel de sortie des produits éruptifs différenciés, enfin du mécanisme même de la différenciation, tel qu'il nous est connu dans les familles naturelles de roches». Doch sind die Schlussworte der ganzen Abhandlung, in welcher der gelehrte Verfasser auf das Bedürfniss neuer Beobachtungen und zahlreicher neuer Analysen hinweist, um die Wahrheit zu finden, erfreulich; darin wird jeder Forscher, welcher sich mit dem Studium der Differentiationserscheinungen beschäftigt hat, gewiss beistimmen.

Es müssen hier diese kurzen Bemerkungen über die von *Michel-Lévy* aufgestellte Hypothese zur Erklärung der Differentiationserscheinungen genügen; auf verschiedene andere Fragen, die bei derselben Gelegenheit behandelt sind, namentlich auf die Relationen seiner beiden Hauptmagmen und seiner Classification der Eruptivmagmen überhaupt, sowie auf seine Assimilationshypothese etc. werde ich bei einer späteren Gelegenheit zurückkommen.

Unter anderen Forschern, welche überhaupt eine Differentiation bei einem einheitlich zusammengesetzten Eruptivmagma bezweifelt haben, ist *Fohnston-Lavis* zu nennen; seine «osmotische Hypothese» wurde in erster Linie zur Erklärung der Entstehung basischer Grenzfaciesbildungen durch Aufnahme basischer (Mg, Fe, Ca)-Verbindungen aus dem Nebengestein aufgestellt.¹

geben meine Darstellung in Eruptivgest. d. Kristianiageb. II P. 165 ff. etwas aufmerksamer durchzulesen, dann wird er finden, dass seine Behauptung: «il (s: M. Brögger) a énormément exagéré la régularité de l'ordre d'alternance des éruptions acides et basiques» vielleicht ziemlich gewagt sein dürfte, da ich selbst öfters ausdrücklich hervor gehoben habe, dass selbst «bei den Tiefengesteinen häufige Ausnahmen der regelmässigen Reihenfolge erwartet werden müssen» und dass dies «in bei weitem noch höherem Grade von den Ergussgesteinen gelten muss» (l. c. P. 180).

¹ So zur Erklärung der Gabbrodiabase (Essexite) von Gran als Granitmagma mit assimilierten Silurschichten; Geol. Mag. 1894, P. 252. «The basic eruptive rocks of Gran (Norway) and their interpretation; A criticism»; ferner zur Erklärung der Shonkinit-facies des Sodalitsyenits von Highwood Mountain, Montana, als Sodalitsyenitmagma mit assimilierten basischen Juraschichten; Rep. of the Brit. Assoc. 1896, P. 792.

Obwohl ich eigentlich erst in Verbindung mit der Bearbeitung der basischen Eruptionen des Kristianigebietes das Material zur Beleuchtung der kritischen Betrachtungen von *H. F. Johnston-Lavis* in genügender Vollständigkeit vorlegen kann, will ich doch nicht unterlassen, auch bei dieser Gelegenheit dieselben ganz kurz zu beantworten.

Johnston-Lavis meint, dass die basischen Essexitmagmen der Vorkommen von Gran dadurch gebildet wären, dass ein saures Magma («possibly of the great mass of granitite of the region»), in Berührung mit basischen Straten, MgO, CaO etc. aufgenommen hätte und somit basisch geworden wäre («The first part of an acid magma penetrating limestone, or other basic strata, comes in contact with fresh unaltered rock and can soon become basified»).

Der Gang des stattgefundenen osmotischen Processes wird so dargestellt, dass das ursprüngliche Magma «in passing through basic sedimentary rocks produced in these an intense physico-chemical change and extensive development of new minerals at the expense of the loss of silica, alumina, alcalies and probably other constituents, whilst a very marked gain has taken place with regard to the amount of magnesia and lime».

Dieser Gewinn von MgO und CaO aus den Sedimenten scheint *Johnston-Lavis* als sicher zu betrachten, während für den übrigen Austausch zwischen den Sedimenten und dem Eruptivgestein Analysen nöthig wären um zu entscheiden, ob «there has really been loss or gain».

Wenn *Johnston-Lavis* mit dieser seiner Erklärung der Essexitbildung etc. gewartet hätte, bis ich die ausführliche Bearbeitung der basischen Eruptivgesteine des Kristianigebietes publicirt hätte, — was hoffentlich jetzt nicht mehr allzu lange dauern soll —, so würde er kaum sein «Criticism» geschrieben haben.

Auf Gran liegen, wie ich in dem vorläufigen kleinen Aufsatz über die basischen Gesteine dieser Gegend (Quart. journ. of the geol. soc. 1894) berichtet habe, von N. nach S. drei stockförmige oder lakkolithische Massen von Essexit (Gabbrodiabas) nach einander: die von Brandberget, von Sölvsberget und von Viksfjeld. Von diesen hat die kleine Masse von Brandberget nur eine ganz unbedeutende Contactzone, zum grossen Theil kaum 20 Meter mächtig, die von Sölvsberget ist auch nicht sehr mächtig, doch zum Theil bedeutend mächtiger, die grösste Masse von Viksfjeld hat eine ziemlich mächtige Contactzone.

Die Grenzen am Contact gegen die Silurschichten sind aber bei allen drei Vorkommen ganz scharf und irgend welche bedeutende Assimilation ist an Ort und Stelle nicht nachweisbar. Wäre nun das Essexit-

magma z. B. von Brandberget eigentlich vom Hause aus ein Granitit-magma gewesen, wie *Fohnston-Lavis* andeutet, müssten also durch den von ihm angenommenen osmotischen Process gewaltige Massen von CaO, MgO und Fe-Oxyden aus den silurischen Schichten aufgenommen gewesen sein, um aus einem Granititmagma ein Essexitmagma zu liefern. Dazu sehen wir aber keine einzige Andeutung, denn die silurischen Schichten in der contactmetamorphosirten Zone haben im Grossen sehr nahe genau dieselbe chemische Zusammensetzung wie die unveränderten Schichten. Auch wäre es dann sehr auffallend, dass die bei weitem mächtigere Contactzone längs der Grenze der enormen Massen von Nordmarkit, 7—9 Kilometer östlich von den Essexitkuppen in der Grenzzone des Nordmarkits gar keine derartige Anreicherung mit Fe-Oxyden, MgO und CaO hervorgebracht haben sollte.

Es lässt sich aber auch ganz einfach beweisen, dass die Essexitmagmen gar keine derartige osmotische Anreicherungen erfahren haben können; denn das am meisten basische Vorkommen, der pyroxenit-ähnliche Essexit von Brandberget mit ca. 14—15 % Fe-Oxyden, ca. 8—12 % MgO und 14—18 % CaO sammt $2\frac{1}{2}$ —4 % TiO₂ ist nur unbedeutend oberhalb der Grundgebirgsoberfläche aufgedrungen und wesentlich von Schichten der Etagen 1, 2 und 3 a umgeben, die aus ziemlich reinem, bituminösen Thonschiefer bestehen, welche ihrer Zusammensetzung zufolge mit ihrer geringen Contactumwandlung in kaum 20 Meter Mächtigkeit unmöglich dem Magma die nöthige Masse von CaO und MgO, geschweige denn von TiO₂ abgeben könnten.¹ Und unterhalb dieser Schichten hat das Magma nur das Grundgebirge passiren können, welches in dieser Gegend aus sauren Gneissen und Graniten besteht, ohne Spur von Kalksteinen etc. Und dennoch ist der Essexit von Brandberget das am meisten basische von den drei grösseren Essexitvorkommen von Gran. Woher sollte dann dies Magma, wenn vom Anfang an ein Granititmagma, die enthaltenen Quantitäten von TiO₂, MgO, Fe-Oxyden und CaO am Wege empfangen haben? Die Sedimente, welche diese bedeutenden Quantitäten von MgO, CaO, TiO₂ etc. abgegeben haben sollten, sind in dieser Gegend somit vollständig unbekannt, und die ganze Hypothese zeigt sich für die Erklärung der Verhältnisse von Gran überhaupt unbrauchbar. Ich halte es für höchst wahrscheinlich, dass sie genau ebenso brauchbar ist für die Erklärung der basischen Grenzen von Shonkinit in den Lakkolithen der Highwood Mountains.

¹ Derartige unveränderte bituminöse Thonschiefer von Huk gaben nach *Kjerulfs* Analyse (Christiania Silurbecken P. 34): SiO₂ 56.51, Al₂O₃ 22.07, Fe-Oxyde 8.10, MgO 0.25, CaO 0.20, Na₂O 0.53, K₂O 3.47, Glühv. 5.62, Rest Kohle.

Da wir schon oben mehrmals auf die Unzulänglichkeit jeder «Assimilationshypothese» für die Erklärung des gesamten Beobachtungsmateriales, welches der Differentiationslehre zu Grunde liegt, hingewiesen haben,¹ dürften diese kurzen Bemerkungen über die osmotische Hypothese von *Johnston-Lavis* genügen.

Ich will in dieser Verbindung ausdrücklich bemerken, dass ich damit gar nicht *jede* Assimilation oder *jede* Bedeutung einer solchen für die Erklärung mehrerer Verhältnisse längs der Grenzen gewisser hypabyssischen und abyssischen Eruptivkörper leugnen will; ich will gern zugeben, dass in grösserer Tiefe (ich spreche nur von Tiefen, welche nicht grösser gewesen sind, als dass sie durch spätere tektonische Bewegungen und nachfolgende Erosion der Beobachtung zugänglich geworden sind) sogar derartige Assimilationen ausserordentlich bedeutend werden konnten. Sie werden aber, wenn sie stattgefunden haben, in der Regel auch *nachweisbar* sein;² rein hypothetische Einschmelzungen, wodurch saure Magmen «basifisirt» werden sollten, anzunehmen, allein um dadurch das Vorkommen basischer Gesteine überhaupt in Verbindung mit sauren zu erklären, wie einige Verfasser gethan haben, scheint mir aber nicht empfehlenswerth.

Ebenso muss es nach meiner Ansicht von den Anhängern einer Durchschmelzungshypothese, wie z. B. derjenigen von *Michel-Lévy*, unbedingt verlangt werden, dass sie, wenn sie die Tiefengesteine im Allgemeinen als durchschmolzene Massen ansehen, erklären müssen, wie ein saurer Granit überhaupt ein langsam aus der ewigen Teufe durchgeschmolzenes Magma darstellen könne, wenn seine Nebengesteine, wie oft der Fall, in grosser Ausdehnung ganz basische Zusammensetzungen zeigen; es kann doch schwerlig angenommen werden, dass das saure Granitmagma, wie ein gewöhnlicher Taschenspieler in einer Variétéscene die «assimilirten» basischen Massen ganz einfach verschwinden lassen konnte? — So lange aber dies Kunststück des Granitmagma nicht befriedigend erklärt werden kann, dürfte nach meiner Ansicht die Intrusionshypothese den Eruptionsmechanismus der Tiefengesteine im Allgemeinen besser erklären als die Durchschmelzungshypothese (die Assimilationshypothese).³ Darin haben in den letzten Jahren ja auch eine ganze

¹ Siehe oben P. 228—231. — Siehe übrigens auch: *Henry S. Washington*, «Italian petrolog. sketches» V, Journ. of geol. B. V, 1897, P. 376, Anm.

² Confr. z. B. die vorzügliche Darstellung *A. Harker's* über die Grenzzone zwischen Gabbro und Granophyr von Carrock Fell l. c.

³ Confr. Eruptivgest. d. Kristianiageb. II, P. 150: «Ein als Granit erstarrtes Magma könnte in diesem Falle ja überhaupt nur dann Granit geliefert haben, wenn es erstens selbst von Hause aus eine Granitzusammensetzung gehabt hätte und zweitens nur saure

Reihe von Forschern beigestimmt, so stehe ich mit dieser Auffassung nicht allein.

So werden wir trotz aller anderen in einzelnen Fällen und partiell vielleicht möglichen Deutungen wieder und wieder für die Erklärung der gemischten Gänge, der Grenzfaciesbildungen, der eigenthümlichen Ganggefolgschaften complementärer Gänge, der Verwandtschaftsbeziehungen (*consanguinity*, *Iddings*) bei Gesteinen derselben Gegend und Eruptionsepoche, der Eruptionsfolge der Gesteine einer Eruptionsepoche, sowie endlich der chemischen Beziehungen der Eruptivgesteine im Allgemeinen immerfort auf die Annahme stattgefundener *Spaltungsprocesse* innerhalb der Magmen selbst hingewiesen; die obige Darstellung zeigt auch, dass die Anerkennung der Nothwendigkeit einer derartigen Annahme sich immer mehr geltend macht.

Die Einschmelzung oder Assimilation des Nebengesteins, begleitet von Abgabe von Substanz aus dem Eruptivmagma an das Nebengestein (osmotische Hypothese) oder ohne dieselbe, reicht ebenso wenig wie andere Mischungshypothesen (*mixture by eruption*) oder wie eine Thätigkeit der übrigens gewiss ausserordentlich bedeutungsvollen «fluides mineralisateurs» (Michel-Lévy) allein hinzu, um die thatsächlich beobachteten Verhältnisse in den genannten Beziehungen zu erklären.

Auch bei der Annahme stattgefundener Spaltungen innerhalb der Eruptivmagmen selbst ist aber Raum für verschiedene Deutungen, verschiedene Sub-Hypothesen.

In erster Linie fragt es sich hier, ob man die Ausbildung complementärer Theilmagmen aus einem Hauptmagma im Allgemeinen als eine *Liquation*, eine Abspaltung zweier (oder mehrerer) *nicht mischbarer* Flüssigkeiten erklären kann, oder ob die Spaltung im Allgemeinen auf eine durch irgend welche Kraft bewirkte *Concentration* der in einem gewissen Magma unter bestimmten Bedingungen am ehesten auskrySTALLISIRBAREN Verbindungen längs der Abkühlungsfläche zu beziehen wäre.

Die erste Hypothese, — wir wollen dieselbe die *Liquationshypothese* nennen, — ist nun eigentlich schon in *Rosenbusch's* Kernhypothese eingegriffen; seine reinen Magmen, die α -Kerne und der q -Kern wären

Gesteine wie Granite, Gneisse etc. assimiliert hätte». — *Michel-Lévy* ist mir mit seiner Assimilationshypothese trotz seiner scharfen Kritik der Intrusionshypothese auf diese Frage noch Antwort schuldig.

eigentlich schon unmischbare Flüssigkeiten (immiscible fluids); die Hypothese ist weiter ausgebildet von *S. Arrhenius* & *H. Bäckström*.¹

Bäckström stützte die Hypothese durch die Betrachtung zweier Beispiele, erstens durch die Verhältnisse gewisser Kugelgesteine, zweitens durch das Vorkommen ausschliesslich von Basalten und Natronlipariten innerhalb der isländischen Eruptionsprovinz.

Was das erste Beispiel betrifft² hat *Bäckström* sehr wahrscheinlich gemacht, dass in dem beschriebenen Fall (Kugelgranit von Kortfors) die Kugeln in der That flüssige Tropfen von basischerem Magma gewesen sind. Damit ist aber eigentlich kein Beweis für die Liquefactionshypothese geliefert; denn die Tropfen könnten z. B. entweder allein durch die Schwere aus einer basischen Grenzschicht heruntergefallen oder unter Bewegung des Magmas losgerissen sein. Es würde dann die Frage gelten, wie diese Grenzschicht gebildet sei; die Tropfen brauchten nicht aus einer mit dem Hauptmagma unmischbaren Flüssigkeit bestanden zu haben, sondern es hätte z. B. an genügender Zeit zum Auflösen derselben fehlen können, ehe schon die Krystallisation anfang, wobei es noch möglich gewesen wäre, dass das umgebende saure Magma mehr abgekühlt und dennoch flüssig gewesen sein könnte (confr. *Michel-Lévy's* Versuche).³

Was die isländischen Gesteine betrifft, so löst dies Beispiel auch nicht die Frage; denn erstens ist es (nach mündlicher Mittheilung von Dr. *Th. Thoroddsen*) nicht ausgeschlossen, dass intermediäre Gesteine, wie Andesite und Trachyte, auch auf Island, wie unter den genau analogen tertiären Eruptionsepochen der britischen Inseln⁴ vorkommen, zweitens beweist das Vorkommen extremer Glieder ja eigentlich nur, dass die Differentiation einer Magmamasse sehr weit getrieben ist, das heisst wahrscheinlich: sehr lange gedauert hat, und liefert keinen entscheidenden Beweis für die eine oder die andere Differentiationshypothese.

Eher würde für die Liquefactionshypothese sprechen die oft *sehr scharfe Grenze zwischen den beiden complementären Theilmagmen*, welche bei einer Spaltung gebildet sind; so ist z. B. die Grenze zwischen der basischen (Fe, Mg, Ca)-reichen Grenzzone und der Gangmitte oft auffallend scharf, z. B. bei den gemischten Quarzporphyrgängen des Kristiania-

¹ *H. Bäckström*, «Causes of magmatic differentiation»; Journ. of geol. Vol. I 1893, P. 773 ff. — Siehe auch *Geo. F. Becker*, Amer. Journ. of sc. Vol. III, Jan. 1897, P. 32 ff.

² Siehe hierüber ferner in: *H. Bäckström*, «Tvenne nyupptäckta svenska klotgraniter», Geol. för. i Stockholm förh. B. 16, P. 107 ff.

³ Es muss hier wohl auch an die Bemerkung *Michel-Lévy's* über die Schmelzbareit der Granitgläser bei Gegenwart von Wasser unter Druck auch bei Temperaturen nahe bei 1000° gedacht werden (Bull. d. l. soc. géol. de France (3) T. 24, P. 138).

⁴ Confr. *A. Geikie*, «The anc. volc. of Great Britain», II P. 184.

gebietes, ebenso nach *Pirsson* zwischen der melanokraten Grenzfacies von Shonkinit und dem leukokraten Hauptgestein (Sodalithsyenit) des Square-Butte-Lakkolithes; *Pirsson* und *Weed* haben auch selbst diesen Umstand zu Gunsten der Liquefactionshypothese hervorgehoben.¹

Es scheint aber in gewissen derartigen Beispielen (wie im Allgemeinen) ein anderer Umstand *gegen* die Annahme der Liquefactionshypothese zu sprechen: wäre hier eine Separation von zwei nicht mischbaren Flüssigkeiten die Erklärung der basischen Grenzfacies, müsste man wohl *in erster Linie eine Anordnung derselben nach dem spezifischen Gewicht erwartet haben*, ganz wie Öl auf Wasser schwimmt. In Square Butte und in einer ganzen Reihe anderer Beispiele ist aber das Verhältniss gerade umgekehrt, indem *die schwerere*, (Fe, Mg) reiche *Schicht hier auf der leichteren ruht*.

Die einzige Möglichkeit, welche, bei der Annahme der Liquefactionshypothese, die öfters realisirte Anordnung der schwereren Schicht *auf* der leichteren erklären könnte, würde — wie mein Collega, der Physiker Dr. K. *Birkeland* bei einer Diskussion mit ihm über diese Frage bemerkt hat, — diejenige sein, dass bei der Wanderung der Abkühlungsfläche von oben nach unten (von aussen nach innen) die nach und nach ausgeschiedenen basischen Massen eine ziemlich feste Masse gebildet hätten, welche als ein zusammenhängendes Dachgewölbe nicht zu Boden sinken könnte, indem die abgespalteten Verbindungen hinreichend fest gewesen wären, um sich schwebend zu halten.

Dann müsste aber unmittelbar unterhalb der schweren Schicht schon ziemlich schnell die zweite leichtere, durch die Differentiation gebildete Flüssigkeit eine besondere noch flüssige Schicht auf dem Stammagma gebildet und somit die Differentiation nach oben sehr schnell aufgehört haben (während dieselbe zwar längs der Bodenfläche leichter stattfinden konnte) — was in den genannten Beispielen, wo das schwere (Mg, Fe) reiche Theilmagma nach oben ausdifferenzirt ist, nicht zutrifft.

Eine derartige Erklärung scheint aber auch gewisse Schwierigkeiten darzubieten, indem verschiedene Verhältnisse gerade umgekehrt beweisen, dass die abgespalteten Massen längere Zeit (und in grossen Quantitäten) ziemlich flüssig gewesen sein müssen; so ist es ohne diese letztere Annahme z. B. kaum möglich, die oft stark differenzirten Massen der verschiedenen *Ganggefolschaften* der Tiefengesteine zu er-

¹ Es muss doch erinnert werden, dass dies bei weitem nicht immer der Fall ist; in manchen Grenzzonen sind ganz allmähliche Übergänge zum Hauptgestein vorhanden (z. B. Glimmersyenitporphyrgänge des Kristianigebietes; Grenzfacies des Gabbro von Ångermanland in Granitit übergehend (Lundbohm) etc. etc.).

klären. Ihre Gangmagmen müssen ja, nachdem sie abgespaltet waren, als flüssig in höheres Niveau aufgedrückt worden sein.

So scheint also ein Beispiel, wie Square Butte durch die Annahme der Liquefactionshypothese nur schwer erklärlich; es könnte auch eine Reihe anderer Einwendungen gegen dieselbe gemacht werden.¹

In dem Fall von Square Butte wie in zahlreichen anderen Beispielen ist, wie schon oben angeführt wurde, das Wesentliche offenbar eine *Concentration* gewisser aus dem Magma ausgeschiedener Bestandtheile *längs der Grenzfläche*; und da die Grenzfläche zugleich die Abkühlungsfläche gewesen sein muss, können wir wohl in voller Übereinstimmung mit den geologischen Beobachtungen, wie auch ich und andere (*Vogt, Harker* etc.) schon längst früher gethan haben, den Satz so formuliren, dass die *magmatische Spaltung oder Differentiation in erster Linie als eine Concentration gewisser Bestandtheile längs der Abkühlungsfläche des Magmas aufzufassen ist*. So lehrt die directe geologische Beobachtung und dieser Belehrung gebührt hier das erste Wort.

Suchen wir weiter — indem wir immer auf die Beobachtungen unsere Schlüsse stützen — zu bestimmen, *welche* Verbindungen gewöhnlich längs der Abkühlungsfläche concentrirt sind, so finden wir, wie bekannt (siehe schon oben) und allgemein anerkannt, dass diese ausser den bezeichnender Weise auch oft concentrirten accessorischen Bestandtheilen (Phosphaten, Sulphiden, Oxyden etc.) — in erster Linie die (*Fe, Mg*)-*Silikate*, sowie auch *Kalkthonerdesilikat* sind, — das heisst, wie ich schon 1886 und 1890 in Übereinstimmung mit *Teall* (1885 und 1886) hervorgehoben habe, es sind überhaupt die unter gewöhnlichen Umständen *zuerst auskrystallisirten Verbindungen*. Wir finden mit anderen Worten einen ausgesprochenen *Parallelismus zwischen der gewöhnlichen Differentiationsfolge und der gewöhnlichen Krystallisationsfolge*.²

Dies ist keine Hypothese, das ist der thatsächliche Befund der Beobachtungen. Selbst wo die Krystallisationsfolge eine von der gewöhnlichen abweichende gewesen ist, fehlen Analogien in der Differentiationsfolge (Concentration längs der Grenze) nicht.³

Was die *Ursache* dieser Concentration gewisser Verbindungen längs der Grenzfläche des Magmas betrifft, so ist es zur Zeit gewiss noch

¹ Siehe z. B. *Becker*, l. c. Amer. Journ. of science, 1897, Vol. III, P. 21—40.

² Siehe schon Zeitschr. f. Krystallogr. B. 16, I P. 85 ff

³ Confr. *H. H. Teall*, Rep. of the Brit. Assoc. 1897, P. 661 (Bemerkungen gelegentlich der Gesteine von Franz Joseph's Land). Siehe auch schon meine Bemerkungen *Eruptivgest.*, d. Kristianiageb. I, P. 147.

nicht möglich, eine genügend sicher begründete Meinung darüber zu haben; es muss ja eine bestimmte Kraft gewesen sein, welche dieselben an die Abkühlungsfläche getrieben hat, aber welche Kraft dies ist, wissen wir nicht. Die Liqationshypothese hätte die Schwerkraft als orientierende Kraft voraussetzen müssen; dagegen sprechen aber, wie eben erwähnt, die Verhältnisse in Lakkolithen wie Square Butte und andere ähnliche Vorkommen.

Gewöhnliche Diffusion (nach Soret's Princip oder in anderer Weise) reicht, wie *Bäckström* und *Arrhenius*, *Harker*, *Becker* und andere gezeigt haben, nicht als Erklärung der Thatsache aus. Auch verschiedene oben angeführte Hypothesen (von *Michel-Lévy*, *Johnston-Lavis* etc.) scheinen ausgeschlossen werden zu müssen.

*A. Harker*¹ hat, indem er die Unzulänglichkeit des Soret'schen Princip's für die Erklärung der magmatischen Differentiation nachgewiesen hat, eine neue Hypothese zur Erklärung derselben aufgestellt, nämlich dass dieselbe auf the general law of the degradation of energy, as formulated, for instance, in Berthelot's principle: zu beziehen wäre. «Every chemical change accomplished without the intervention of any external energy tends to the production of that substance or set of substances which disengages the most heat», — oder (in Becker's Form) «The transformations will be such as to evolve heat, light etc. at the highest possible rate». Unter der Voraussetzung, dass nun die Krystallisation in einem Magma eine ansehnliche Menge von Wärme frei machen muss, sollte die meiste Wärme durch Umstände, welche die Krystallisation förderten, frei gemacht werden; in einem in Abkühlung längs der Grenzfläche begriffenen Magma müsste dies durch Anhäufung der am wenigsten löslichen Verbindungen längs der Abkühlungsfläche, wo Sättigung zuerst eintreten müsste, erreicht werden.

In so fern ist alles in Ordnung; nur heisst es in Berthelot's Princip: «without the intervention of any external energy». In einem Falle, wo offenbar äussere Kräfte, wie namentlich die Schwere sich geltend machen müssten, kann es aber doch nicht erlaubt sein, dies Princip überhaupt zu benutzen.

In seinen Consequenzen stimmt zwar die Erklärung von Harker gut mit den thatsächlichen Beobachtungen überein, die ich durch folgende Bemerkung ausgedrückt hatte: «Die am schwersten löslichen Verbindungen diffundiren nach der Abkühlungsfläche hin». Eine genügende Erklä-

¹ «Berthelot's principle applied to magmatic concentration»; Geol. Mag. (3) Vol. 10 P. 546—547 (1893).

rung der physikalischen Vorgänge des Differentiationsprocesses scheint aber auch *Harkers* Aufsatz nicht zu liefern.

Diese eben genannte Charakteristik der bei der magmatischen Differentiation stattgefundenen Prozesse wurde¹ von *H. Bäckström* angegriffen, weil ich mit *Teall*, *Vogt* u. a. das Soret'sche Princip als Erklärungsgrund vorausgesetzt hatte; ganz abgesehen von dem gewiss ungenügenden Soret'schen Princip scheint mir aber die oben genannte Bemerkung selbst noch immer mit dem geologischen Beobachtungsmateriale gut zu stimmen, vorausgesetzt, dass überhaupt die Löslichkeitsverhältnisse des Magmas eine Rolle gespielt haben und dass nicht ganz besondere (z. B. *elektrische*)² Kräfte ganz unabhängig von der Löslichkeit die Orientirung der diffundirten Verbindungen bewirkt haben, was allerdings sehr möglich ist.

Es ist zwar nicht ohnehin sicher zu entscheiden, was das Aufgelöste und was Lösungsmittel in einem hydatorypyrogenen Eruptivmagma gewesen ist, wenn wir dasselbe, wie seit *Bunsens* Arbeiten geschehen, überhaupt als eine Lösung auffassen dürfen, eine Auffassung die aber auch in neuester Zeit aus verschiedenen Gesichtspunkten Stütze gefunden hat;³ es scheint aber nicht unwahrscheinlich, dass in einem an Wasser (und anderen «fluides minéralisateurs» (*Michel-Lévy*)) reichen hydatorypyrogenen Magma, eben dieses die Löslichkeit der verschiedenen im Magma enthaltenen Verbindungen in hohem Grade gefördert haben muss. Ebenso wie dann in einem intermediären und sauren Magma die zuletzt auskrystallisirten Mineralien (die Alkalifeldspäthe etc.) offenbar am längsten im Magma aufgelöst und somit unter den gegebenen Umständen am leichtesten löslich gewesen sind, so müssen dann umgekehrt auch die zuerst auskrystallisirten Verbindungen (Sulphide, Oxyde und andere «accessorische» Mineralien, (Fe, Mg)-Silikate etc.) sich wohl deshalb zuerst ausgeschieden haben, weil sie unter den gegebenen Bedingungen bei der Abkühlung am schwersten löslich gewesen sind.

¹ Journ. of géol. l. c. (1893).

² Siehe hierüber weiter unten.

³ *Barus & Iddings*, l. c. P. 249 «To the extent of our enquiry the behavior of molten rock magmas is in its nature quite identical what that of any aqueous or other solution, the difference being one of solvent». Siehe auch *Carl Fr. Wilh. A. Oetling* «Vergleich. Experim. u. Verfest. geschmolz. Gesteinsmassen unter erhöhtem u. normalem Druck» (*Tschermak's Min. & petrogr. Mitth. B. 17, P. 331—373, 1897*): «Wir haben zu unterscheiden die sauren und basischen Magmen; erstere sind zu vergleichen den mit Kieselsäure übersättigten Lösungen, letztere den Mutterlaugen (feste Lösungen von van't Hoff). L. c. P. 365. Siehe auch in erster Linie den vorzüglichen Abschnitt «Das Magma und Reihenfolge der Ausscheidungen» (P. 301—306) in «Chemische Mineralogie» von *R. Brauns*.

Wenn wir dann erfahrungsgemäss in unzähligen Fällen die Grenzfacies der Eruptivkörper mit diesen selben Verbindungen angereichert finden, aus welchen die im Allgemeinen zuerst auskrystallisirten Mineralien bestehen, dann scheint der Schluss ganz logisch zu sein, dass es bei der magmatischen Spaltung die unter gegebenen Verhältnissen «*am wenigsten löslichen Verbindungen*» gewesen sind, welche nach der Abkühlungsfläche der Magmamasse gewandert (diffundirt) sind. Möge die Erklärung der Ursache dieser Erscheinung die eine oder die andere sein, die Beobachtung des thatsächlichen Verhältnisses scheint festzustehen. Wenn die obige Auffassung richtig wäre, müsste dann ferner in erster Linie die grössere oder geringere Löslichkeit der verschiedenen Verbindungen im Magma — unter den sich ändernden Bedingungen — die *Reihenfolge* ihrer Ausscheidung (Krystallisation) bestimmt haben, und ganz analog damit auch die Reihenfolge der Diffusion nach der Grenzfläche hin (und umgekehrt weg von derselben) regulirt haben, — auch wenn wir eine nähere Erklärung der Ursache (der orientirenden Kraft) dieses Verhältnisses noch nicht mit Sicherheit geben können. Es scheint dann auch die Schlussfolgerung logisch, dass wenn wir längs der Grenzfläche eines Eruptivkörpers eine Anreicherung mit (Fe, Mg)-Verbindungen (magma ferro magnésien, π -Magma) und im Hauptgestein eine Anreicherung mit Alkalithonerdesilikaten (magma alcalin, η -Magma etc.) vorfinden, wie z. B. bei Square Butte, so braucht dies nicht auf der Trennung zweier nicht mischbarer Flüssigkeiten zu beruhen, sondern nur auf ganz vorherrschende Diffusionsbewegungen der am Wenigsten löslichen Verbindungen nach der Abkühlungsfläche hin und umgekehrt der am längsten (leichtesten) löslichen nach den centralen wärmeren Theilen des Magmas bezogen werden. Ohne die Bewegung der genannten verschiedenen Verbindungen im Magma lassen sich, wie es scheint, die thatsächlichen Beobachtungen jedenfalls nicht erklären, mag man die eine oder die andere Ursache dieser Diffusionsbewegung annehmen. Welche, ist dem Geologen eigentlich vorläufig von geringerem Belang, solange die Physiker uns doch noch so wenig das wahre Wesen der Eruptivmagmen erklären können; uns Geologen gebührt es aber die geologischen Thatsachen klar zu legen.

Eine ganz neue Erklärung der Differentiationerscheinungen ist neuerdings von *G. F. Becker*, der noch in 1897 dieselben durch «mixture by eruption» erklären wollte, aufgestellt worden¹.

¹ Amer. journ. of science, 1897 (Oktober), P. 257—261.

Er sucht hier die abweichend zusammengesetzten Grenzfaciesbildungen der gemischten Gänge sowie lakkolithischer Intrusivmassen durch «*fractionirte Krystallisation*» zu erklären.

Auch diese Hypothese scheint wie die Hypothese von den unmischbaren Flüssigkeiten (Liquationshypothese) bei der Erklärung von Intrusivmassen (Lakkolithen), deren Dachgewölbe aus schweren (Fe, Mg)-reichen Massen besteht, erhebliche Schwierigkeiten darzubieten. Wenn nämlich die Strömungen von unten nach oben hier unterhalb der oberen Abkühlungsfläche zuerst die schweren Bestandtheile des Magmas ausgeschieden hätten, müsste das Restmagma (Alkalithonerdemagma) viel leichter geworden sein und hätte dann wohl schwierig wieder nach unten strömen können, sondern hätte wahrscheinlich eine leichte Differentiationsschicht unmittelbar unterhalb des Dachgewölbes bilden müssen, das heisst es würde wieder überhaupt keine den Beobachtungen entsprechende Differentiation entstehen können. Wenigstens scheint dies aus einem Versuch (mit 5 Liter Alkohol und Wasser in einem kugelförmigen Gefäss bei $\div 20^0$ C.) von Herrn *Kr. Birkeland* hervorzugehen. Auch müsste die Hypothese, wie es scheint, voraussetzen, dass die am wenigsten schmelzbaren Bestandtheile¹ sich längs der Grenzfläche sammeln müssten, während die geologische Beobachtung umgekehrt eine mehr basische Grenzfacies (zum Theil die am leichtesten schmelzbaren Bestandtheile) als allgemeine Regel zeigt. Ferner müsste auch nach dieser Hypothese die Grenzfacies relativ feste Massen bilden, was durch die Verhältnisse eines jeden diaschisten Ganggefolges zu seinem Hauptgestein geleugnet scheint, indem derartige durch Differentiation gebildete Ganggefolgschaften dann nachträglich wieder flüssig geworden sein müssten, was aber wohl als ziemlich unwahrscheinlich angesehen werden muss.

Die Bedeutung der interessanten Hypothese *Becker's* lässt sich jedoch gegenwärtig gewiss nicht endgültig entscheiden; sie verdient offenbar im höchsten Grade die Aufmerksamkeit der Geologen und ist entschieden unter allen bis jetzt versuchten Differentiationshypothesen eine der wichtigsten.

Bei einer eingehenden Discussion der gesammten Differentiationserscheinungen mit meinem Collega, dem Physiker Herrn Dr. *Kr. Birkeland* hat dieser die Vermuthung ausgesprochen, dass die orientirenden Kräfte bei der magmatischen Differentiation vielleicht gewisse *electrische*

¹ Siehe *Becker* l. c. Januar 1897, P. 39 Anm.: «Gradual solidification from fissure walls of dike magmas circulating by convection may lead to preponderance of less fusible ingredients near the edges of a solid dike».

Kräfte gewesen sein können; Herr *Birkeland* hat mir die Freundlichkeit gezeigt, seine Ansicht in kurzer Zusammenfassung in folgender brieflichen Darstellung mitzutheilen:

„Durch das Emporpressen von heissem Magma aus einem tieferen in ein höheres Niveau der Erdkruste, entweder in Gangspalten oder als Intrusivmassen (Lakkolithe, Lagergänge) sind Bedingungen hergestellt für die Entstehung mächtiger und *dauerhafter electricer Erdströme* von *thermoelectricischem* und anderem Ursprung.

Die Orientirung dieser Ströme müsste in intimer Weise von dem Verhältniss abhängig sein, dass die specifische Leitungsfähigkeit des flüssigen Magmas ein sehr hohes Multiplum der Leitungsfähigkeit des umgebenden Gesteins sein müsste, in welches das Magma injicirt wurde.

Die Hauptmasse der Ströme dürfte dabei als allgemeine Regel durch dieselben Spalten heraufgeführt worden sein, durch welche das Magma selbst passirt hatte. Diese Spalten müssten nämlich eine relativ sehr grosse electriche Leitungsfähigkeit besitzen, erstens weil sie wahrscheinlich ziemlich lange Zeit mit flüssigem Magma gefüllt sein müssten, dann auch deshalb, weil das umgebende Gestein stark erhitzt sein müsste, wodurch sein electriche Leistungsvermögen in ausserordentlich hohem Grad vergrössert sein müsste.

Wenn die Ströme nun weiter in das Magma der Differenzirungsräume (Gangmagma oder Lakkolithmagma) eintraten, dürften sie sich unabhängig von der Form derselben dermaassen vertheilen, dass die Stromdichte senkrecht zur Grenzfläche des umgebenden Gesteins überall ungefähr dieselbe sein müsste.

Dieser Fall müsste ganz im Allgemeinen eintreten; weil nämlich erstens das Magma im Vergleich mit dem Nebengestein ein überaus grosses Leistungsvermögen besitzen und zweitens die electriche Differenzen, welche die Ströme bedingen, auf der Grenzfläche zwischen dem Magma und seinem Nebengestein gewöhnlich überall ungefähr dieselbe Grösse haben müssten, so müssten die electriche Niveauflächen des Magmas ungefähr Parallelfächen zur Grenzfläche darstellen.

Die Rückleitung der Ströme müsste durch die Erde stattfinden.

Diese electriche Ströme, deren Vorhandensein auf dem Stadium der Lakkolithbildung etc. unzweifelhaft scheint, müssen ebenso unzweifelhaft Differenzirungsflächen im Magma hervorgebracht haben, deren geometrische Lage und Form mit den geologischen Beobachtungen übereinstimmen müssten.

Betreffs des näheren Verlaufs einer Electrolyse derartiger wasserhaltiger Magmen unter hohem Druck und bei hoher Temperatur, weiss

man gegenwärtig zwar direct Nichts und auch von einigermaassen analogen Fällen sehr wenig, was mit einiger Wahrscheinlichkeit auf unseren Fall übertragen werden könnte. Die Natur der secundären Processe, welche eintreten würden, die Frage ob die Kationen und die Anionen sich einzeln oder gruppenweise bewegen würden, müsste dabei den Charakter der Differentiation näher bestimmen.

Sollten die in derartiger Weise durch *electrische Differentiation* entstandenen Spaltungsproducte des Magmas ihre Lage längs einer oberen lakkolitischen Grenzfläche beibehalten, müsste das Magma hier während der Electrolyse nothwendiger Weise infolge der Abkühlung starr oder wenigstens sehr viscos werden, falls die Spaltungsproducte, wie im gewöhnlichen Fall, basisch (schwer) wären; sonst würden sie ihrer grösseren Schwere wegen ins Magma einsinken müssen. Ob dabei scharfe Grenzen oder allmähliche Übergänge zwischen den abgespalteten Theilmagmen ausgebildet werden müssten, dürfte gewiss zum wesentlichen Theil abhängen von der grösseren oder geringeren Übereinstimmung zwischen der Schnelligkeit, mit welcher einerseits das Magma nach und nach immer mehr starr werden und auf der anderen Seite die Electrolyse fortschreiten müsste.

Die Stromrichtung würde dabei entscheiden, ob die basischen oder die sauren Magmabestandtheile sich bei der Spaltung längs der Grenzfläche concentriren würden.

Bei der Electrolyse von «*Glas*» wird dies factisch «differenzirt», indem auf der Anodeseite eine feste Schicht von Kieselsäure ausgeschieden wird.

Bei gewöhnlicher Electrolyse von gemischten Salzlösungen werden in der Regel bei geringer Stromdichte die verschiedenartigen Ionen schichtweise nach einander ausgeschieden; ausserdem wandern die gelösten Salze im Electrolyt, so dass der *Concentrationsgrad* bei den Electroden geändert wird.

Die verschiedenen Salze wandern mit verschiedener Geschwindigkeit, so dass eine «*Differentiation*» auch aus einer derartigen Ursache in einem von Aussen nach Innen erstarrenden Electrolyt gedacht werden könnte.» — — —

Diese oben kurz skizzirte Hypothese muss selbstverständlich noch als ganz vorläufig angesehen werden; dieselbe wird später von uns durch gemeinschaftliche (besonders auf die Erklärung der complementären Gänge gerichtete) Versuche näher geprüft werden, weshalb wir uns hier nicht über die nähere Beschaffenheit der Hypothese aussprechen wollen.

Vielleicht hat ein ähnlicher Gedanke schon *Barus* und *Iddings*¹ in nuce vorgeschwebt, als sie ihre wichtige Untersuchung über das elektrische Leitungsvermögen in Eruptivmagmen ausführten; aus der Abhandlung selbst lässt sich darüber nichts schliessen.

Mag nun die orientirende Kraft bei den Differentiationserscheinungen *die Schwere* (Liquationshypothese) oder *electricische Kräfte* (Concentrationshypothese) oder vielleicht noch irgend eine andere unbekannte Kraft gewesen sein, so viel ist jedenfalls sicher, dass eine *Diffusion der abgespalteten Verbindungen nach der Abkühlungsfläche hin* stattgefunden haben muss; ohne eine solche würde das Magma homogen geblieben sein. Diffusion und Liquation sind nicht Gegensätze, welche einander ausschliessen².

Die gemischten Gänge (siehe oben P. 286) zeigen auch, dass eine Diffusion nicht nur in einer einzelnen Richtung, *sondern in entgegengesetzten Richtungen stattgefunden haben muss*, — z. B. nach der Grenzfläche hin von Fe, Mg, Ca-Verbindungen, von derselben hinweg von Alkali-Thonerde-Silikaten.

Es ist eine bei der Abkühlung des Magmas längs seiner Grenzfläche eingetretene Störung des Gleichgewichts³, welche die Differentiation verursacht haben muss; die Diffusionsprocesse, welche fortgehen müssten, bis das Gleichgewicht wieder hergestellt werden konnte, oder bis das Magma erstarrt war, haben erfahrungsgemäss als Endresultat ungleich zusammengesetzte Theilmagmen (Gesteinsmischungen) längs der Abkühlungsfläche und in den von dieser ferner liegenden Theilen des Magmas geliefert. Welche Verbindungen in der einen und welche in der anderen Richtung diffundirt haben, ist aber gewiss in jedem einzelnen Falle von einer ganzen Reihe von Umständen abhängig gewesen, in erster Linie wohl von der Zusammensetzung des sich spaltenden Magmas, ebenso wie auch die Krystallisationsfolge der verschiedenen Eruptivgesteine, ja, wie jetzt schon längst bekannt, gar nicht eine ganz bestimmte unveränderliche gewesen ist.

Wir können uns aber nicht mit *zwei* polaren Gegensätzen begnügen, mit einem «(Fe . Mg)-Magma» und einem «Alkalimagma», oder mit einem π -Magma und einem η -Magma als unmischbare Flüssigkeiten, die einander fliehen. Das Studium der Zusammensetzung der Massengesteine liess

¹ Change of electric conductivity observed in rock magmas of different composition on passing from liquid to solid; Amer. Journ. of science, B. 44, P. 242—249 (1892).

² Siehe auch *Pirsson*, Highwood Mountains I. c. P. 422.

³ Siehe *Iddings*, Quart. Journ. of the geol. soc., B. 52, P. 615 ff. (1896); siehe auch Arbeiten von *Teall*, *W. C. Brögger*, *Vogt*, *Pirsson*, *Harker* u. a.

uns ja auch ein aus $\text{Ca Al}_2 \text{Si}_2 \text{O}_8$ bestehendes Magma, ein aus $\text{R}_2 \text{Al}_2 \text{Si}_6 \text{O}_{16}$ bestehendes Magma und noch andere «reine» Magmen kennen lernen.

Die Fälle welche nur zwei extreme Mischungen als Endresultat der Differentiation geben (Beispiele: bei *Grenzzonen*: Diabas und Quarzporphyr bei den Quarzporphyrgängen des Kristianigebietes, Shonkinit und Sodalithsyenit mit scharfer Grenze, Square Butte, Montana, etc.; bei *complementären Gangcomplexen*: Camptonite und Mænaite, Gran, Norwegen; bei *Eruptionen grösserer Massen einer Provinz*: Basalte und Liparite, Island etc. etc.) sind nach meiner Auffassung nur *Specialfälle sehr weit getriebener Spaltungsprocesse*, und repräsentiren nicht das normale Verhältniss. Halten wir bei der Analogie zwischen Krystallisationsfolge und Differentiationsfolge fest, werden wir bei einem Endresultat der Differentiation von einem ziemlich reinen (Fe, Mg)-Magma auf der einen Seite und einem ziemlich reinen Alkalimagma auf der anderen daran erinnert, dass auch unter den Hauptverbindungen der Eruptivgesteine die grössten Abstände in der Krystallisationsfolge gewöhnlich zwischen den früh auskrystallisirenden (Fe, Mg)-Mineralien (Olivin, Pyroxenen, Hornblenden, Glimmern) am einen und den Alkalifeldspäthen (und Quarz) am anderen Ende der Reihenfolge der Krystallisation vorhanden sind; ich sehe hier von den weniger wichtigen Übergemengtheilen ab.

In vielen, vielleicht in den meisten Fällen, finden wir aber nicht scharfe Grenzen, sondern allmähliche Übergänge zwischen Grenzfacies und Hauptgestein, ebenso wie das complementäre Ganggefolge eines Hauptgesteins häufig nicht nur zwei extreme complementäre Mischungen, sondern eine reiche Abstufung allerlei Übergangsmischungen zwischen den extremen Gliedern erweist, (z. B. das Laurdalitganggefolge); ebenfalls zeigen die blutverwandten (consanguineous) Eruptivgesteine einer Eruptionsprovinz bisweilen alle Übergänge von basischen melanokraten, (Fe, Mg, Ca)-reichen Endgliedern zu sauren leukokraten Alkaligesteinen (wie z. B. im Kristianigebiet und, mit anderen Mischungen, auch im Harz etc. der Fall ist).

Der Vergleich der Ganggesteine des Laurdalitganggefolges mit ihrem Hauptgestein erlaubte ihre gegenseitigen Beziehungen zu erklären unter der Annahme, dass ihre «Abspaltung» aus dem Hauptmagma als eine Diffusion einer ganzen Reihe der in den Mineralien selbst vorhandenen *stöchiometrischen Verbindungen* nach gewissen Partien des Magmas aufzufassen wäre. Allerdings spielten auch hier offenbar die (Fe, Mg)-Verbindungen und das Ca. Al.-Silikat (Anorthitsilikat) auf der einer Seite, Alkali-Thonerde-Silikate auf der anderen Seite eine Hauptrolle; aber die Endproducte der Differentiation, die verschiedenen Complexe comple-

mentärer Gänge, zeigten, dass eine Reihe *in verschiedenem Grad extremer complementären Glieder* aus den Spaltungsprocessen resultirt hat, — *nicht* also in Analogie mit dem von *Bäckström* gewählten Beispiel von Island nur z. B. Camptonite und Bostonite, sondern eine ganze Reihe Abstufungen von weniger weit getriebener Differentiation.

Und wenn wir mit Recht die verschiedenen complementären Complexe des Laurdalitganggefolges *als die Resultate ungleich weit getriebener Differentiationsprocesse*, die Resultate von »progressive differentiation» (*Iddings*) erklären, dann wirft diese Auffassung auch Licht über die verschiedenen Auffassungen der normalen *Eruptionsfolge*, welche von *Iddings* und mir behauptet sind.¹ Wenn ich als eine normale Eruptionsfolge eine Reihe von basischen zu sauren Gesteinen angenommen habe, während der ausgezeichnete Erforscher Yellowstone's die normale Reihenfolge mit intermediären Gesteinen anfängt, welche von immer mehr extremen Gegensätzen von basischen und sauren Gliedern gefolgt werden sollten, dann ist es offenbar, dass beide Reihenfolgen sich ohne Schwierigkeit mit den Erfahrungen über die Differentiationserscheinungen aus anderen Beobachtungsreihen in Übereinstimmung bringen lassen. Die eine Eruptionsfolge repräsentirt den Fall, wenn *nach vollbrachter Differentiation* einer Magmamasse die Eruptionen einander einigermaassen regelmässig folgten; es ist aber offenbar, dass bei längeren Intervallen in einer Eruptionsserie, die schon früh mit relativ *wenig differenzirten* intermediären Gliedern angefangen hatte, die folgenden Eruptionen sehr wohl immer mehr extrem differenzirte Glieder aus der Magmamasse fördern konnten, *indem der Grad der Differentiation nach der oben dargestellten*, auch früher von anderen (*Iddings* etc.) behaupteten *Auffassung eine Funktion der Zeit sein müsste*.² Die früheren weniger extrem differenzirten Eruptionen würden bei dieser Auffassung bei den Gangcomplexen ihre Analoge in den wenig extremen complementären Gliedern haben, während die ganz extremen Complexe (z. B. Heumit-Lestiwarit etc.) den späteren, extremen Eruptionen in der Eruptionsfolge entsprechen würden. Eine ihrem Wesen nach andere Art von Differentiation oder

¹ Siehe: Eruptivgest. d. Kristianiageb., I, P. 165 ff.; *Iddings* «The origin of igneous rocks», Bull. of the phil. soc. of Washington, Vol. 12, P. 145 ff.; «The volc. rocks of the Andes», Journ. of geol., Vol. I, 1893, P. 169 ff.; «Extrusive and intrusive igneous rocks as products of magmatic differentiation». Quart. Journ. of the geol. soc., B. 52, Novbr. 1896, P. 606 ff.

² Siehe übrigens auch die kurze und sehr klare Darstellung der Differentiationslehre von *Iddings* in seiner Abhandlung: «Genetic relationships among igneous rocks» (Journ. of geol., Vol. I, No. 8, 1893, P. 835—844). Siehe auch *Vogt*: «Bildung von Erzlagern durch Differentiationsprocesse in basischen Eruptivmagmata», Zeitschr. f. praktische Geol., 1893 (Juli); ferner *Pirsson*: «Complem. rocks and rad. dikes», l. c., etc.

andere Differentiationsgesetze für die Erklärung der einen Eruptionsfolge als der anderen anzunehmen, scheint aber nicht nöthig; auch ist es natürlich für diese Frage ganz irrelevant, ob die nach der Differentiation hervorgebrachten Massen ausserordentlich gross oder relativ kleiner gewesen sind, obwohl es a priori wahrscheinlich sein muss, dass in derselben Zeit unter sonst gleichen Umständen die Differentiationsprocesse schneller, in kürzerer Zeit, bei einer kleineren als bei einer grösseren Magmamasse die extremsten Producte liefern müssten. Dass, wie *Iddings* hervorgehoben hat, auch die *Tiefe*, in welcher die Differentiation stattgefunden hat, die *Abkühlungsgeschwindigkeit* etc., und natürlich in erster Linie auch die Zusammensetzung des Magmas eine wesentliche Rolle spielen musste, ist selbstverständlich. Es würde hier zu weit führen, alle verschiedenen Möglichkeiten eingehender zu diskutieren¹; das war auch nicht die Aufgabe, welche dieser Abhandlung gestellt wurde.

Das Studium der Gangbegleiter des Laurdalits zeigte eine ganze Reihe von Abstufungen in der Differentiation; das Bild des gesammten Ganggefolges ist nicht dasjenige weniger extrem differenzirter Typen, sondern zeigt eine Anzahl Übergangstypen von den extremen Gliedern zur Mischung des Hauptgesteins; die Betrachtung der gesammten Anzahl verschiedener bekannter Eruptivgesteinstypen überhaupt zeigt dasselbe Resultat noch viel evidenter. Überall finden wir Übergänge zwischen den verschiedenen extremen chemischen Typen; die wenigen Lücken, die noch vorhanden sind, werden mit jedem Jahr mehr und mehr gefüllt. Es spricht diese Erfahrung entschieden eher für die Annahme einer *Concentrationshypothese* als einer *Liquationshypothese*, obwohl eine sichere Entscheidung gegenwärtig gewiss nicht möglich ist. Die verschiedenen andern Factoren, die zu den in den Eruptivgesteinen vorliegenden Endresultaten der Differentiation nebenbei beigetragen haben, ist es dann auch bei dieser Gelegenheit von wenigem Belang zu diskutieren; sie sind fast alle mehr oder weniger hypothetisch.

Gut begründet scheinen einige directe aus den Beobachtungen selbst hervorgehende Hauptresultate: *dass die Differentiationsprocesse auf magmatische Diffusion stöchiometrischer Verbindungen nach und weg von der Abkühlungsfläche bezogen werden müssen, ferner dass diese Diffusionsbewegungen wahrscheinlich in bestimmter Relation zur Krystallisationsfolge des betreffenden Magmas gestanden haben, endlich*

¹ Speciell die interessante Frage über die Begrenzung der Lage des «Differentiationsniveaus» werde ich im nächsten Theil dieser Serie eingehender behandeln, in Verbindung mit genauerer Feststellung des «Lakkolithniveaus» überhaupt

dass Krystallisationsfolge, Differentiationsfolge und Eruptionsfolge bestimmte Analogien aufzuweisen scheinen.

Diese Resultate sind nicht mehr neu; im Wesentlichen wurden dieselben schon in der vorläufigen Übersicht über die Eruptivgesteine des Kristianiagebiets (1886 und 1890) vorgelegt; sie sind hier durch eine neue Beobachtungsreihe, durch die Untersuchung der Beziehungen eines Ganggefolges zu ihrem Hauptgestein, näher geprüft.

Es wurde dadurch der Hebel an einem schon von *Rosenbusch* (*Tschermak's Mitth. B. 11, 1890, P. 174*) angewiesenen Punkt angesetzt; in wie weit es dadurch gelungen ist, den verborgenen Schatz der Wahrheit um ein wenig höher zu erheben, muss die Zukunft zeigen.

Es ist Zeit diese Untersuchung abzuschliessen; während derselben strömten aus allen Theilen der Welt, besonders doch aus Amerika neue Beobachtungen zur Erläuterung der Differentiationserscheinungen in reichlicher Fülle hinzu; wie viel Licht brachten nicht selbst die Untersuchungen von nur einem einzelnen Gebiete, wie z. B. die prächtigen Forschungen *Pirsson's* aus Montana! Genetische Relationen selbst extrem verschiedener Gesteine, welche noch vor zehn Jahren nur von äusserst wenigen erkannt wurden, werden jetzt ganz allgemein durch «magmatische Differentiation» erklärt (siehe: *Whitman Cross*, *Journ. of geol.* Vol. VI, 1898, P. 89).

Wir, die wir die Freude bei der Entfaltung der ersten Blüthe hatten, sehen jetzt wie rasch die weitere Entwicklung folgt; es war mir beim endlichen Abschluss dieser Arbeit dann auch nicht mehr möglich, dieselbe gebührend zu berücksichtigen.

Wenn ich deshalb, während der Bearbeitung der Aufgabe dieser Abhandlung oft mit Schwermuth fühlte, wie die Blätter schon während der Arbeit verwelkten, so konnte ich mich doch andererseits um so mehr freuen, dass rings herum neue Blumen sprossen.

«Alles schwillt nun; es passt nirgends das neuste Gewand.

«Sei nur ruhig! Es deutet die fallende Blüthe dem Gärtner,

«Dass die liebliche Frucht schwellend im Herbste gedeiht.»

(Goethe's Epigramme).

Zusatz zum Farrisit.

Da es von Interesse schien, wenn möglich das weisse Hauptmineral des Farrisits näher zu bestimmen, sammelte ich bei einem Besuch im Herbst 1897, nachdem die P. 64—70 gelieferte Beschreibung des Gesteins schon gedruckt war, an Ort und Stelle reichliches Material des Gesteins, um das betreffende Mineral zu isoliren. Es gelang dann auch durch Anwendung einer grossen Quantität des Gesteins (ca. $\frac{1}{4}$ Kilogram), welche als feinstes (doch sorgfältig geschlemmtes) Pulver in den Isolationsapparaten behandelt wurde, schliesslich eine genügende Quantität von Analysenmaterial desselben zu isoliren. Es zeigte sich doch leider unmöglich dieses vollkommen rein zu erhalten, indem die etwas schwereren Fällungen desselben immer noch durch dunkle Mineralien, die leichteren umgekehrt durch zeolitische Zersetzungsproducte ein wenig verunreinigt waren.

Die ersten Fällungen wurden bei der Isolation in offenen Bechergläsern ausgeführt, um die grosse Masse der schweren Bestandtheile (Hornblende, Pyroxen etc.) zuerst abzuscheiden. Nachdem die schweren Mineralien und eine noch grössere Quantität von unreinen Mischproducten durch vielmals wiederholte Fällungen abgeschieden waren, wurde bei einem sp. Gew. der Flüssigkeit von ca. 2.65 eine dicke helle, oben schwimmende Schicht aus dem Becher mit Platinlöffeln abgeschäumt. Diese Schicht wurde nun in einem grossen Harada'schen Apparat in Flüssigkeit von sp. Gew. 2.63 wiederholt gereinigt bis keine Fällung mehr erhalten wurde. Nach Verdünnen der Flüssigkeit bis ca. 2.62 sank bei weitem die grösste Masse des hellen Minerals und wurde für sich ausgenommen (I). Eine kleinere Portion schwamm noch oben (II); diese zeigte sich grösstentheils ein wenig leichter als 2.60.

Es muss in Anbetracht der hervortretenden Feinkörnigkeit des Gesteins als sicher angesehen werden können, dass *beide Portionen ganz*

vorherrschend aus den relativ grösseren einsprenglingsartigen Tafeln des P. 64 erwähnten Melilith-ähnlichen Minerals zusammengesetzt gewesen sein müssen, indem die hellen Mineralkörner der «Grundmasse» des Gesteins ganz sicher zu klein gewesen sind um in nennenswerther Menge für sich isolirt werden zu können.

Die Hauptportion I, von welcher nach wiederholter Reinigung schliesslich ca. 8 Gramm erhalten wurden, und welche also ein mittleres sp. Gew. von 2.62—2.63 besass, zeigte sich u. d. M. noch nicht ganz frei von Beimischungen der dunklen Mineralien, namentlich Hornblende. Auch schienen einige Körner des hellen Minerals selbst etwas trübe, die meisten dennoch klar und frisch. Das getrocknete Pulver hatte eine schwach gelblich weisse Farbe, welche Farbe auch beim Glühen unverändert blieb; es zeigte sich sehr schwer schmelzbar, beim Glühen im Platintiegel vor der Blaselampe nur wenig sinternd. Von Salzsäure wurde es nicht merkbar angegriffen, kräftiger aber von concentrirter Salpetersäure, wobei flockige Kieselsäure ausgeschieden wurde.

Die leichtere Portion, II, von welcher schliesslich nur ca. 2 Gramm erhalten wurden, mit einem mittleren sp. Gew. von 2.60—2.58, zeigte nur eben ganz geringe Spuren von dunklen Mineralien, dagegen häufiger getrübe, zeolithisirte Körnchen; dies Pulver wurde leichter von Säuren, auch von Salzsäure, angegriffen, doch nicht stark, und schmolz beim Glühen vor der Blaselampe zu einer grauen Masse.

Von beiden Fällungen, sowohl von I als von II, wurden von Herrn Dr. O. Heidenreich Analysen ausgeführt:

	I	II
SiO ₂	52.81	52.63
Al ₂ O ₃	23.47	25.11
Fe ₂ O ₃	1.94	1.64
FeO	1.13	0.44
MnO	Spur	—
MgO	1.16	0.46
CaO	3.67	2.53
Na ₂ O	9.29	10.48
K ₂ O	2.60	2.34
H ₂ O (Glühv.)	3.62	5.11
	99.69	100.74

Fluor, Chlor (und Jod) konnten nicht nachgewiesen werden; das Wasser wurde erst bei starkem Glühen vollständig ausgetrieben. In der

Probe II wurde Spur von Hg (nach der Isolation) nachgewiesen, so dass hier der Glühverlust ein wenig zu gross ist.

Die Zusammensetzung beider Fällungen ist somit nur wenig verschieden.

Die Quotientenzahlen zeigen folgende Proportionen:

I		II	
SiO ₂	0.8801	0.8772	
Al ₂ O ₃	0.2301	0.2462	} 0.2565
Fe ₂ O ₃	0.0121	0.0103	
FeO	0.0158	0.0061	} 0.0176
MgO	0.0290	0.0115	
CaO	0.0655	0.0452	} 0.2567
Na ₂ O	0.1499	0.1690	
K ₂ O	0.0277	0.0249	
H ₂ O	0.2011	0.2839	

Diese Quotientenzahlen zeigen, dass die Summe der Alkalien und des CaO sich zu Al₂O₃ ung. = 1 : 1 verhalten; (R₂O + CaO) : R₂O₃ : SiO₂ ist in der ersten Analyse ung. = 1 : 1 : 3²/₃; in der zweiten Analyse ist (R₂O + RO) : R₂O₃ : SiO₂ ung. = 1 : 1 : 3¹/₂.

Die Schwierigkeit bei der Berechnung der Analysen liegt nun darin, dass es nicht sicher entschieden werden kann, wie viel von Fe₂O₃, FeO, MgO (mit entsprechenden Quantitäten von SiO₂, Al₂O₃, CaO und Alkalien) auf die Verunreinigung mit dunklen Mineralien bezogen werden soll. Sollte *alles* Fe₂O₃, FeO, MgO und CaO (mit entsprechenden Quantitäten von SiO₂, Al₂O₃, CaO und Alkalien) auf Verunreinigungen mit Hornblende und Pyroxen bezogen werden, würde der Gehalt an Verunreinigungen in der ersten Analyse zusammen wenigstens 13 % betragen müssen; dies ist aber unmöglich, da diese Verunreinigungen selbst in der ersten Analyse nach Schätzung höchstens ein Paar Procent ausmachen können. Da auch in der zweiten Analyse, bei welcher das analysirte Pulver kaum 1/2—1 Procent Verunreinigungen von Hornblende und Pyroxen aufweist, noch ein bei weitem grösserer Gehalt an Fe₂O₃, FeO und MgO als dieser Beobachtung entspricht, vorhanden ist, muss es als höchst wahrscheinlich angesehen werden, dass der bei weitem grösste Theil von Fe₂O₃, FeO, MgO etc. in beiden Analysen dem weissen Mineral selbst angehört; das ist ja übrigens auch mit gewissen Meliliten und mit dem Gehlenit der Fall.

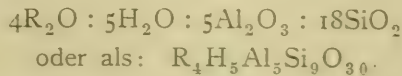
Die Zusammensetzung des weissen Minerals des Farrisits nähert sich etwas einer Skapolithzusammensetzung, nur dass bei dem relativ niedrigen

SiO₂-Gehalt bei weitem zu wenig CaO und zu viel Alkalien vorhanden sind; auch ist statt Cl Hydroxyl vorhanden. Es kann wohl als ziemlich wahrscheinlich angesehen werden, dass das Mineral, wie die Mineralien der Skapolithgruppe, der Feldspathgruppe etc. aus einem saureren Alkali-Thonerde-Silikat und einem basischeren Kalk-Thonerde-Silikat zusammengesetzt ist; das geht schon aus der keinem einfachen Verhältniss entsprechenden Proportion R₂O₃ : SiO₂ hervor, obwohl es selbstverständlich schwierig zu entscheiden ist, welche Zusammensetzung diese beiden Componenten besitzten dürften.

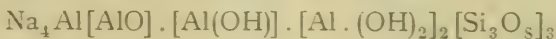
Werden in der ersten Analyse (indem von der unbedeutenden Beimengung von dunklen Mineralien abgesehen wird) die RO-Oxyde als einer Sarkolithmischung von der Zusammensetzung: R_sNa₂Al₆Si₉O₃₆ angehörig aufgefasst, entsprechend:

0.1103 RO, 0.0138 R₂O, 0.0414 R₂O₃, 0.1241 SiO₂, bleiben übrig:
0.1638 R₂O, 0.2011 H₂O, 0.2008 Al₂O₃, 0.7560 SiO₂.

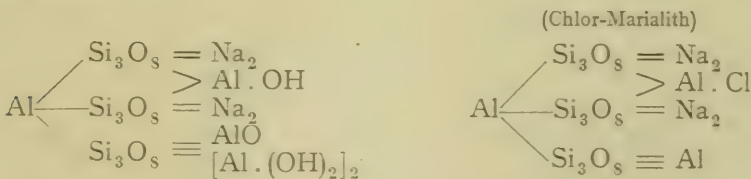
Diese Quotientenzahlen verhalten sich wie:



Diese Zahlen entsprechen einer Verbindung:

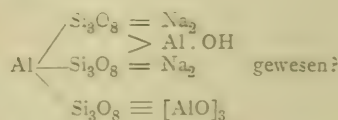


welche in *Clarke's* Weise, verglichen mit dem Marialith geschrieben werden konnte:

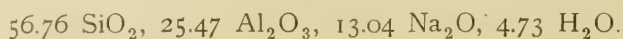


Die Verbindung wäre also ein Marialith, in welchem die zweiwerthige Gruppe Al.Cl durch Al.OH ersetzt wäre, sammt ein Atom Al durch die einwerthigen Gruppen AlO und Al.(OH)₂.¹

¹ Es dürfte vielleicht denkbar sein, dass die drei Moleküle, welche dies Al-Atom ersetzen, eigentlich beim frischen Mineral drei einwerthige [AlO]-Gruppen gewesen wären, welche dann bei anfangender Zersetzung des Minerals hydratisirt worden wären. Die frische Substanz wäre dann:



Die reine Verbindung $R_4H_4Al_5Si_9O_{30}$ sollte bestehen aus:



Eine Mischung von 1 Molekül Sarkolithsubstanz mit 6 Molekülen eines derartigen Hydroxyl-Marialiths (wobei in $R_2O_3 : \frac{1}{20} Fe_2O_3$ und $\frac{19}{20} Al_2O_3$, ferner in R_2O das Verhältniss $K_2O : Na_2O = 1 : 12$, endlich in RO das Verhältniss $FeO : MgO : CaO = 1 : 2 : 4\frac{1}{3}$) giebt die berechnete Zusammensetzung I a; eine Mischung von 1 Molekül Sarkolithsubstanz mit 10 Molekülen eines Hydroxyl-Marialiths (mit $Fe_2O_3 : Al_2O_3 = 1 : 24$, $K_2O : Na_2O = 1 : 7$, $FeO : MgO : CaO = 1 : 2 : 7$) giebt die berechnete Zusammensetzung II a; die in den Analysen gefundenen Zahlen sind nebenbei angeführt:

	I a	I	II a	II
SiO ₂	52.30	52.81	53.38	52.63
Al ₂ O ₃	24.35	23.47	24.52	25.11
Fe ₂ O ₃	1.66	1.94	1.68	1.64
FeO	1.11	1.13	0.52	0.44
MgO	1.23	1.16	0.57	0.46
CaO	3.57	3.67	2.81	2.53
Na ₂ O	9.44	9.29	10.11	10.48
K ₂ O	2.60	2.60	2.42	2.34
H ₂ O	3.74	3.62	3.99	5.11
	100.00	99.69	100.00	100.74

Obwohl die Übereinstimmung der berechneten und gefundenen Werthe hinreichend genügend ist, ist die Deutung des hellen Minerals des Farrisits dennoch selbstverständlich sehr unsicher, namentlich weil das Analysenmaterial selbst trotz aller Sorgfalt bei der Darstellung desselben nicht ganz frei von Verunreinigungen war und nicht ausschliesslich aus frischer unzersetzter Substanz bestand. Ob die faserigen Zersetzungsproducte, wie oben angenommen, wesentlich aus Natrolith bestehen, muss ich unentschieden lassen; es ist aber wahrscheinlich, dass dies jedenfalls theilweise der Fall ist. Ich darf auch nicht die Möglichkeit ausschliessen, dass einige wenige der aus Natrolith(?) bestehenden Pseudomorphosen vielleicht aus Nephelin entstanden sind. Auch waren in einem Präparat Spuren von zwillingsgestreiftem Feldspath (Natronmikroklin?) vorhanden. Jedenfalls aber ist die Quantität der Zersetzungsproducte, wie die geringe Restfällung derselben zeigte, bedeutend geringer als oben P. 68 und 69 angenommen wurde. Die Untersuchung einer Anzahl der grössten isolirten Körner in convergentem Licht, zeigte dass einige derselben zweiachsig

waren. Die geringe Körngrösse des Gesteins machte überhaupt die Untersuchung des hellen Minerals schwierig. Es ist unter diesen Umständen natürlich das Sicherste die Entscheidung der Frage betreffend die wahre Stellung des Hauptminerals des Farrisits ganz offen zu lassen.

Obwohl somit die Analysen ein abweichendes Resultat von der auf der Berechnung der Bauschanalyse begründeten Annahme über die Zusammensetzung des hellen Minerals des Farrisits gegeben haben, war diese Annahme dennoch nicht alzu sehr von der Wahrheit entfernt. Es wurde P. 69 als dem Mineral angehörig aufgeführt:

	Berechnet P. 69	Gefunden (1/4 der Analysen)	
		I	II
SiO ₂ . . .	12.17	13.20	13.16
Al ₂ O ₃ . . .	8.64	5.89	6.28
Fe ₂ O ₃ . . .	—	0.48	0.41
FeO . . .	—	0.28	0.11
MgO . . .	—	0.29	0.11
CaO . . .	0.06	0.92	0.63
Na ₂ O . . .	2.35	2.32	2.62
K ₂ O . . .	1.16	0.65	0.58
H ₂ O . . .	0.42	0.90	1.28
	24.80	24.93	25.18

Der Unterschied liegt, wie man sieht, darin, dass P. 69 kein Gehalt von $\frac{1}{2}$ CaO, MgO, FeO und Fe₂O₃ im Mineral angenommen, dagegen der Al₂O₃-Gehalt entsprechend zu hoch geschätzt wurde; es muss somit der Pyroxen (und die Hornblende) des Gesteins etwas mehr Al₂O₂ führen als oben angenommen. Auch muss bemerkt werden, dass die beiden Analysen sich gewiss ganz vorherrschend auf die grösseren einsprenglingsartigen Individuen beziehen.

Nach der obenstehenden Auseinandersetzung sollte das helle Hauptmineral des Farrisits sich vielleicht eher der Skapolithgruppe, als der Melilithgruppe anreihen, während die physikalischen Eigenschaften (die Tafelform, die geringe Doppelbrechung, welche doch grösser als bei den Melilithen ist) eher Melilith vermuthen liessen; doch ist das Mineral optisch negativ, wie die Skapolithe und stimmt in sp. Gew. 2.63—2.60 ziemlich nahe mit dem Mizzonit von Monte Somma überein¹, während

¹ Auch die chemische Zusammensetzung der beiden erinnern etwas an einander:

	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	FeO	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	H ₂ O
Mizzonit; Somma (v. Rath).	54.70	23.80	—	—	0.22	8.77	9.83	2.14	0.13
Helles Mineral des Farrisits	52.81	23.47	1.94	1.13	1.16	3.67	9.29	2.60	3.62

die CaO-reichen Melilithe schwerer sind. Es muss übrigens bemerkt werden, dass auch der Melilith von Vesuv bis mehr als 5 % Alkalien (bis $4\frac{1}{2}$ % Na_2O und $1\frac{1}{2}$ % K_2O) enthält; in welcher Verbindung diese vorhanden sind ist nicht entschieden.

Es verdient schliesslich noch bemerkt zu werden, wie bedeutend der Unterschied der Durchschnittszusammensetzung des hellen Minerals ist bei den sonst so nahe stehenden Ganggesteinen, dem Farrisit und dem Heumit (von Heum), indem bei dem letzteren die Hauptfällung einen SiO_2 -Gehalt von einigen und sechzig Procent, bei dem Farrisit von nur ein Paar und fünfzig Procent ergab; umgekehrt zeigte sich der Al_2O_3 -Gehalt bei dem Farrisitmineral bedeutend höher. Bedeutend näher stimmt die Hauptfällung des hellen Farrisitminerals mit der Zusammensetzung der Glasbasis (?) des Monchiquits von der Santa Cruz-Bahn (*Rosenbusch & Hunter* l. c. P. 454) überein:

	SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	FeO	MgO	CaO	Na_2O	K_2O	H_2O
Hauptfällung, Heu-									
mit, Heum. . .	62.32	21.90	0.51	—	0.32	2.52	9.97	1.19	1.59
Hauptfällung, Mon-									
chiquit, S. Cruz.	53.43	20.86	2.61	—	0.29	1.14	11.63	2.51	7.06
Hauptfällung, Far-									
risit	52.81	23.47	1.94	1.13	1.16	3.67	9.29	2.60	3.62

Die Verwandtschaft des Farrisits mit dem Monchiquit ist deshalb offenbar eine sehr nahe.

Bemerkungen zu der geologischen Karte der Gegend zwischen Sandefjord und Porsgrund.

Es war ursprünglich nicht meine Absicht gewesen diese Karte in der vorliegenden Abhandlung zu publiciren; erst nachdem schon ein Theil derselben gedruckt war bestimmte ich mich dafür. Da mir die Zeit im Spätherbst (1897) nicht mehr genügte um die jüngeren losen Ablagerungen (von glacialem und postglacialem Thon etc.), welche in Tjölling und Brunlanes ziemlich verbreitet sind, genauer abzugrenzen, habe ich es vortheilhafter gefunden, die Karte nur als Gesteinskarte zu publiciren, indem nur im Lougenthale, in Eidanger und bei Porsgrund die Thalfüllung mit geschichteten jüngeren Ablagerungen abgesetzt wurde; ausserdem wurde die grosse Endmoräne (das «Ra») zwischen Sandefjord und Mölen, sowie die Endmoräne bei Eidanger (beide unter Wasser gebildete geschichtete Moränen) abgesetzt.

Über die Gegend zwischen Langesund und Porsgrund habe ich früher in grösserem Maasstab (1 : 50000) Karten publicirt, erstens eine geologische Karte in der Abhandlung «Spaltenverwerfungen in der Gegend Langesund—Skien» (Nyt Mag. f. Nat. B. 28, 1884), zweitens eine Karte der Mineralienvorkommen in Zeitschr. f. Krystallogr. B. 16 (1890).

Die Grenze zwischen den Augitporphyritdecken und dem devonischen Sandstein zwischen Eidanger und Rödningen, ebenso wie die Grenze des Laurdalits zwischen Lövås und dem Vestabhang von Jordstöp ist nicht genau aufgegangen.

Die im Pulaskitgebiet isolirt abgesetzten Nephelinsyenitvorkommen östlich vom Lougenfluss sind ebenso wie die Vorkommen um Kvelle Kirche und die Grenzpartie bei Brathagen, Foyaite nicht Laurdalit.

Bratholmen ist wesentlich Ditroit (mit Grenzzone von Foyait). Die Nephelinsyenitjectionen (Ditroitschiefer) in der Grenzzone zwischen Nevelunghavn und Eidanger (siehe meine Beschreibung Zeitschr. f. Kryst. B. 16, I, P. 101 ff.) konnten nicht auf der Karte angegeben werden.

Die Grenzen des Gebietes von Glimmersyenit (besonders zwischen Hedrum Kirche und Gogsjö) und Pulaskit sind nicht ganz genau aufgegangen.

Die zahlreichen Gänge der Ganggefolgschaft des Laurdalits konnten des geringen Maassstabs wegen nicht abgesetzt werden.

Verzeichniss der in dieser Abhandlung erwähnten Analysen von Gesteinen aus dem Kristianiagebiet.

I. Tiefengesteine.

	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.	12.	13.	14.
	Horn- blendit; Brand- berget, Gran.	Essexit; Tofte- holmen, Kristiania- fjord.	Laur- vikit; Byskovens, Laurvik.	Laur- vikit; Nätterö, Töns- berg.	Töns- bergit; Bollarene, Töns- berg.	Olivin- Laurdalit; Lyschö- fjord, Farris.	Laur- dalit; Lunde, Lougen- thal.	Laur- dalit (Haupt- typus); N. v. Löve, Lougen- thal.	Laur- dalit; W. von Pollen, Farris.	Glimmer- syenit; Ryd- ningen, Hedrum.	Pulaskit; Foss, Lougen- thal.	Pulaskit; Lövs- bucht, Farris.	Nord- markit; Tonsenæs, Kristiania.	Natron- granit; Hougen- natten, Lougen- thal.
SiO ₂	37.90	47.90	58.68	56.85	59.38	45.16	51.90	54.55	56.35	55.18	58.00	64.54	64.04	71.65
TiO ₂	5.30	1.91	1.00	Nicht best.	1.36	6.98	Nicht best.	1.40	1.00	2.38	0.85	Spur	0.62	Spur
Al ₂ O ₃	13.17	16.55	19.50	21.56	19.35	15.26	22.54	19.07	19.85	17.44	16.91	18.13	17.92	13.04
Fe ₂ O ₃	8.83	5.67	3.63	3.44	4.97	9.57	4.03	2.41	1.91	5.56	3.29	2.63	0.96	2.79
FeO	8.37	7.50	2.58	1.14	0.13	4.99	3.15	3.12	2.03	1.36	3.74	0.97	2.08	1.80
MnO	—	0.60	—	—	—	0.63	—	0.17	0.20	—	0.80	—	0.23	—
MgO	9.50	4.44	0.79	0.85	0.91	3.18	1.97	1.98	1.17	0.27	1.96	0.67	0.59	Spur
BaO	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0.42	—	—
CaO	10.75	9.35	3.03	5.26	4.36	2.87	3.11	3.15	2.60	5.10	3.60	0.62	1.00	Spur
Na ₂ O	2.35	3.23	5.73	6.07	5.15	6.57	8.18	7.67	8.89	6.83	5.14	6.60	6.67	6.30
K ₂ O	2.12	2.08	4.50	3.66	3.88	3.87	4.72	4.84	5.31	5.48	5.20	5.99	6.08	3.98
H ₂ O	1.40	0.20	1.01	0.52	0.90	—	0.22	0.72	0.70	0.88	0.60	0.31	1.18	1.10
P ₂ O ₅	Spur	0.32	0.54	—	0.38	1.54	Nicht best.	0.74	0.67	Nicht best.	Nicht best.	Spur	—	—
	99.69	99.75	100.09	99.35	100.77	100.62	99.82	99.82	100.68	100.48	100.09	100.88	101.37	100.66

Die Analysen No. 1, 2, 5, 6, 8, 9, 12 sind in der vorliegenden Abhandlung zum ersten Mal publicirt; von diesen Analysen sind No. 1, 2, 5, 8 und 9 von Herrn *P. Schumack*, No. 12 von Cand. min. *P. Schei* und No. 6 theils von Herrn *P. Schei*, theils (Alkalien) von Herrn *L. Schumack* ausgeführt.

II a. Melanokrate Ganggesteine.

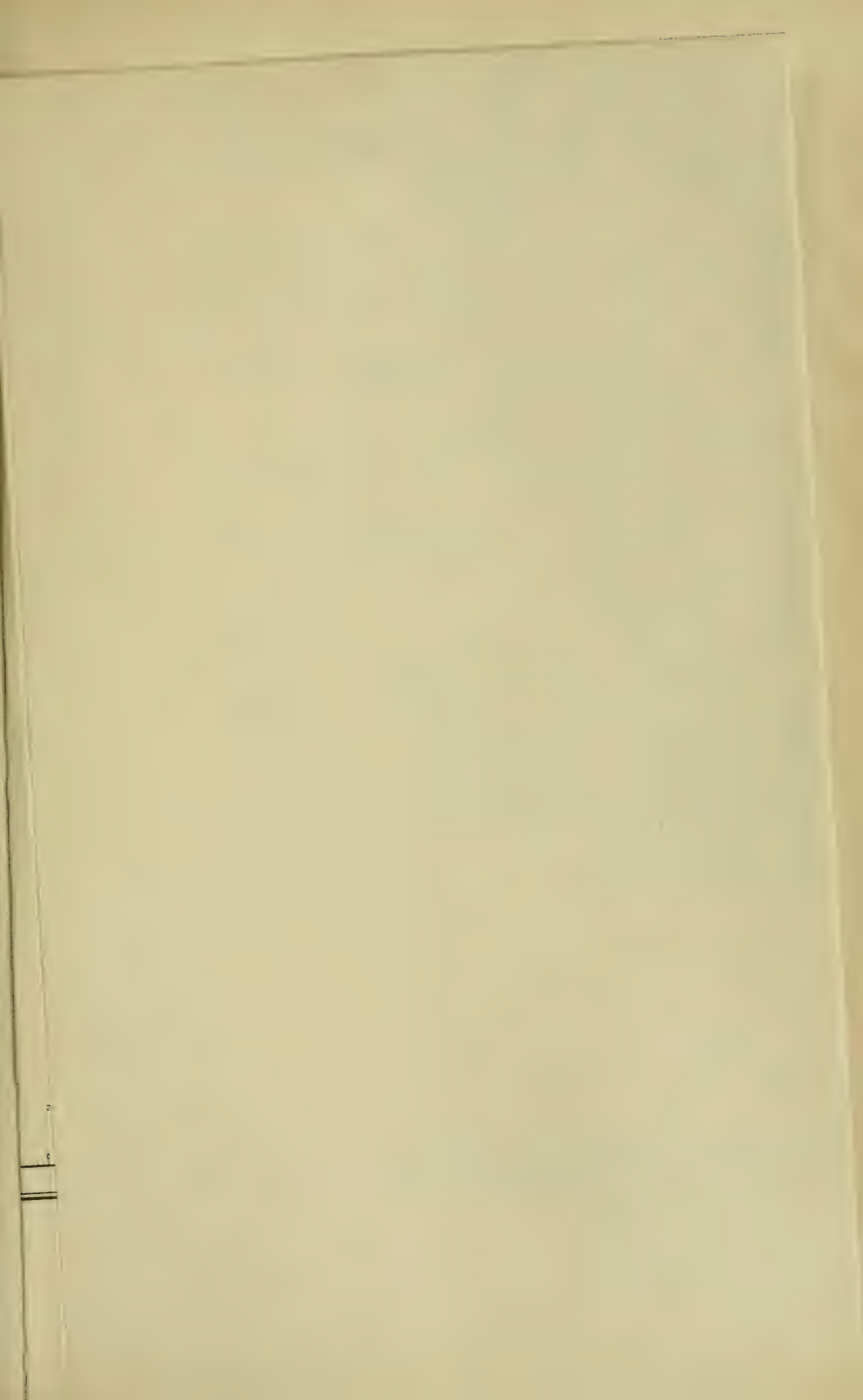
	15.	16.	17.	18.	19.	20.	21.	22.	23.	24.	25.	26.	27.
	Camp- tonit; Kjose- Åklungen, Farris.	Camp- tonit; Maena, Gran.	Camp- tonit; Egge, Gran.	Camp- tonit; Hougen, Gran.	Hvinden, Gran.	Farrisit; Kjose- Åklungen, Farris.	Kersantit; Hovland, Lougen- thal.	Kersantit; Stöitrenna, N. von Kristiania.	Heumit; Heum, Lougen- thal.	Heumit; Gangmitte, Bratlagen, Lougen- thal.	Heumit; Gang- grenze, Bratlagen, Lougen- thal.	Na- tron- minette; Bratlagen, Lougen- thal.	Na- tron- minette; Håa; Lau- sunds- fjord.
SiO ₂	44.22	40.60	42.05	41.40	45.55	45.77	48.06	48.45	47.10	48.46	57.00	51.22	51.95
TiO ₂	2.50	4.20	5.60	2.75	4.45	1.70	2.57	2.15	1.75	3.05	0.55	1.70	1.95
Al ₂ O ₃	12.73	12.55	12.30	13.28	15.40	16.16	16.95	15.57	16.42	16.81	18.03	17.56	14.95
Fe ₂ O ₃	5.68	5.47	3.81	6.54	2.43	3.72	4.78	5.07	4.63	1.46	1.33	3.51	4.09
FeO	5.18	9.52	9.52	8.63	9.12	6.21	7.60	4.86	7.04	9.14	3.52	4.34	5.70
MnO	0.45	Nicht best.	Nicht best.	Nicht best.	Nicht best.	Spur	Spur	Nicht best.	0.36	Spur	0.49	0.20	0.30
MgO	6.98	8.96	4.83	5.26	5.20	7.03	5.51	4.28	5.00	4.44	1.53	3.22	3.54
CaO	11.57	10.80	11.55	10.05	7.70	9.01	7.79	10.48	7.64	6.14	3.55	4.52	6.10
Na ₂ O	2.12	2.54	2.18	2.43	4.54	6.23	3.37	3.57	6.36	6.31	7.53	5.72	5.43
K ₂ O	1.71	1.19	1.11	0.75	2.04	2.28	1.42	2.15	3.47	2.33	3.89	4.37	4.45
H ₂ O	2.74	2.28	2.88	3.17	2.35	1.87	0.80	2.23	0.40	0.59	1.30	1.93	1.10
P ₂ O ₅	1.05	Nicht best.	Nicht best.	Nicht best.	Nicht best.	0.29	0.63	0.80	0.48	0.67	0.41	1.08	1.15
CO ₂	3.66	2.68	2.68	4.18	2.15	Spur	—	1.57	—	1.28	1.05	0.60	—
	100.59	100.79	98.51	98.44	100.93	100.27	99.48	101.18	100.65	100.68	100.18	99.97	100.71

Die Analysen No. 15, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27 sind hier zum ersten Mal publicirt; sie sind sämtlich von Herrn V. Schmelck ausgeführt, mit Ausnahme der Analysen No. 20 und 24, welche von Herrn Dr. O. Heidenreich ausgeführt sind. — Im Farrisit (siehe P. 367), wie im Heumit von Heum (siehe P. 92 und 96) wurden ausserdem Analysen einzelner Bestandtheile dieser Gesteine ausgeführt. — Ausserdem wurden bei der Natronminette von Hagtvedt, Hedrum, die Alkalien bestimmt (siehe P. 136). Die Analyse No. 25 hätte eigentlich unter den leukokraten Ganggesteinen aufgeführt sein sollen.

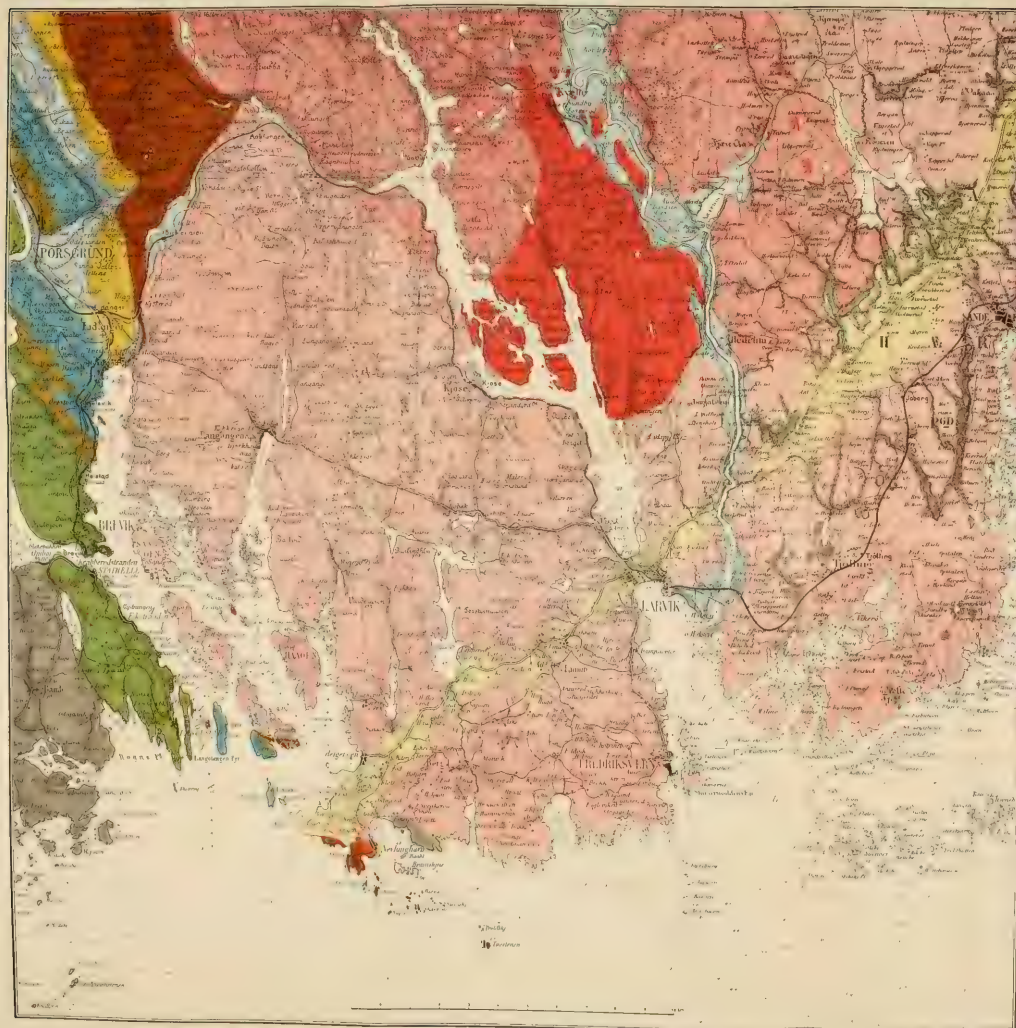
IIb. Leukokrate Ganggesteine.

	28.	29.	30.	31.	32.	33.	34.	35.	36.	37.	38.	39.	40.	41.	42.
	Nephelin porphyr; Lougen- thal.	Tungait; Abjörns- röd, Hedrum.	Dittreit; Brat- holmen, Landg. fjord.	Nephelin- rhomben- porphyr; Vasvik, Farris.	Foxait; Bradhagen, Lougen- thal.	Foyait; Heim, Lougen- thal.	Sölv- bergit; Kjose- Ald., Farris.	Hedru mit; Skar- tad, Gran.	Hedru- mit; Sundel, Hedrum.	Hedru- mit; Oslo; Kjose- Ald.	Maenit; Maen, Gran.	Oslo- porphyr; Akers- hus, Kjose- Ald.	Bofont; Tutvel, Hedrum.	Sölv- bergit; Lougen- thal.	Leit- wail; Kvelle, Lougen- thal.
SiO ₂	50.63	55.65	56.45	56.04	55.50	58.61	58.90	57.52	59.88	60.50	56.50	58.50	60.11	62.70	66.50
TiO ₂	0.90	Spur	0.66	0.65	0.50	1.10	0.40	0.92	0.85	0.75	0.85	—	0.96	0.92	0.70
Al ₂ O ₃	24.00	20.06	21.07	21.50	22.45	21.12	17.70	18.46	17.87	16.86	18.14	18.14	19.01	16.40	16.25
Fe ₂ O ₃	2.33	3.45	1.70	1.06	1.03	2.62	3.94	2.23	2.67	1.67	3.12	7.07	4.63	3.34	2.04
FeO	2.21	1.25	1.70	3.28	1.32	1.14	2.37	2.41	1.50	2.54	2.86	—	0.57	2.35	0.19
MnO	—	—	—	—	Spur	Spur	0.55	1.20	Spur	0.20	—	—	Spur	Spur	0.20
MgO	1.51	0.78	1.19	1.12	0.47	0.79	0.54	1.03	1.04	1.11	1.22	1.51	0.23	0.79	0.18
CaO	2.13	1.45	2.22	2.42	1.60	0.62	1.05	2.12	2.01	2.95	3.38	2.89	0.66	0.95	0.85
Na ₂ O	11.30	8.99	7.37	8.39	10.74	7.85	7.39	7.33	7.96	6.46	5.28	5.53	6.53	7.13	7.52
K ₂ O	4.39	6.07	5.87	5.03	5.48	5.93	5.59	4.63	5.69	5.42	1.60	2.30	5.36	5.25	5.53
H ₂ O	0.63	1.51	0.45	0.67	0.66	1.01	1.90	1.80	0.60	1.40	1.26	3.45	1.37	0.70	0.50
P ₂ O ₅	0.28	—	0.28	Nicht best.	Spur	Spur	Spur	0.21	0.32	0.21	—	—	—	—	Spur
CO ₂	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0.70	5.11	—	0.84	—	—
	100.40	99.21	99.86	100.16	100.05	100.79	100.33	99.64	100.60	100.77	99.32	99.45	100.07	100.53	100.46

Die Analysen No. 33, 36, 37, 40, 42 sind hier zum ersten Mal publicirt; sie sind mit Ausnahme von No. 33, welche ich Herrn Dr. O. Heidebreich verdanke, sämmtlich von Herrn F. Schumacher ausgeführt; über die Correctionen einiger der älteren Analysen (28, 30, 31) siehe näher im Text. — Die Analyse No. 25 hätte eigentlich unter den leukokraten Gesteinen aufgeführt sein sollen.



Geologische Übersichtskarte der Gegend zwischen Sandefjord u. Porsgründ. 1:100000. W.C. Brøgger 1897.



Farbenerklärung

Postglaciale & glaciale Absätze

- Fluss-Sand und Gerölle-Schichten
- Erdschutt, Torfmoos etc.
- Moränen (das ganze Ra. und bei Esdangen)

Eruptivgesteine

- Lavaströme (Dronning Mønsen etc.)
- Pulvisch (Halsnæs etc.)
- Lavaströme
- Granitporphyr (Halsnæs) von der Sidskjærdalen
- Granitporphyr (Halsnæs)
- Granit, basaltische Eruptivgesteine (Halsnæsporphyr etc.)

Tillatizische Etagen

- Deron Sandsten (Et. 5)
- Mercur 24.5
- Kalksandstein (Et. 5)
- Intensiv (Et. 5.5)
- Grundstein 18.5

Grundgebirge

Über den Mossit

und über das

Krystallsystem des Tantalit

(Skogbölit) aus Finnland

Von

Dr. W. C. Brögger

Ord. Professor der Min. u. Geol. an der Universität Kristiania

Mit 6 Figuren im Text

LIBRARY
NEW YORK
BOTANICAL
GARDEN

Videnskabselskabets Skrifter. I. Mathematisk-naturv. Klasse. 1897. No. 7

Udgivet for Fridtjof Nansens Fond

Kristiania

In Kommission bei Jacob Dybwad

A. W. Bröggers Buchdruckerei

1897

Vorgelegt in der Sitzung der Gesellschaft 28. Mai 1897.

Über den Mossit und über das Krystallsystem des Tantalit (Skogbölit) aus Finnland.

Von

Professor Dr. W. C. Brögger.

Die folgenden Bemerkungen sind im Wesentlichen schon vor 6 Jahren (1891) aufgezeichnet; sie sind losgerissen aus einer Abhandlung über die Mineralien der granitischen Pegmatitgänge des südlichen Norwegens, zu welcher ich seit vielen Jahren das Material gesammelt habe, und von welcher schon längst mehrere Abschnitte fertig liegen, deren endliche Publication wohl noch lange auf sich warten lassen dürfte, da ich auch in den nächsten Jahren meine Hauptarbeit der petrographischen Untersuchung der Gesteine des Kristianiagebietes zu widmen beabsichtige.

Die Veranlassung dazu, dass die untenstehende kleine Untersuchung, aus ihrem Zusammenhang losgerissen, publicirt wird, ist diejenige, dass ich schon 1891 den verehrten Freund Prof. Dr. *P. Groth* zufällig davon unterrichtet hatte, dass der finnländische Tantalit nichts weiter als Tapiolit ist, worüber ich auch in der Sitzung in der schwedischen Academie der Wissenschaften am 17. September 1890 einen kurzen Vortrag gehalten hatte.¹ Prof. *Groth* wünschte nun gern in der neuen Auflage seiner ausgezeichneten tabellarischen Übersicht der Mineralien diese Beobachtung referiren zu können und veranlasste dadurch die Publication dieser Zeilen; dass die kleine Mittheilung so sparsam mit Figuren ausgestattet ist, rührt daher, dass sämtliche durch Jahre gezeichneten Figuren für die genannte

¹ Öfvers. af kgl. sv. Vet. Akad. Förh. 1890, P. 330 (Stockholm 1890—91); hier steht: — «Herr *Brögger* mittheilte, dass er neuerdings constatirt habe, dass der Tantalit nicht rhombisch und mit dem Columbit isomorph, sondern tetragonal und mit dem Tapiolit identisch ist, ebenso wie dass die scheinbar rhombischen Krystalle des Tantalit Zwillinge sind» —

Abhandlung über die Pegmatitminerale durch ein unglückliches Ereigniss verloren gegangen sind und es mir an Zeit gefehlt hat, die verlorenen handgezeichneten Tafeln durch neue Figuren zu ersetzen.

Zusammen mit dem Yttrotantalit von Berg im Kirchspiel Råde bei Moss in Smålenene, Norwegen, fanden sich in geringer Anzahl kleine, höchstens 1 cm. grosse Krystalle eines unbekannten neuen Minerals, für welche ich hiermit den Namen *Mossit* einführen werde.

Die Krystalle sind rein schwarz, an Krystallflächen z. Th. metallisch glänzend, an Bruchflächen mehr matt, z. Th. doch auch hier stark glänzend. Die Flächen sind öfters sehr vollkommen und somit befriedigend genaue Messungen zu erhalten.

Einige wenige Krystalle sind Einzelkrystalle, welche, in so fern aus den Messungen geschlossen werden kann, dem tetragonalen Systeme angehörig scheinen. Die auftretenden Formen sind:

$\infty P\infty$ (100) und (010) etc.

oP (001)

P (111)

$P\infty$ (101) und (011) etc.

$3P\infty$ (301) und (031) etc.

$\frac{3}{5}P\infty$ (305) und (035) etc.

$\propto P$ (110)

$\frac{9}{10}P\frac{3}{2}$ (6. 9. 10).

Aus dem Winkel

$$P : \infty P (111) : (110) = 47^{\circ} 41',$$

welcher auf mehreren Krystallen sehr genau messbar war, erhält man das Axenverhältniss:

$$a : c = 1 : 0.64379.$$

	Berechnet	Gemessen
(110) : (100)	45°	45°
(110) : (010)	90°	90°
(100) : (001)	90°	90°
(111) : (111)	56° 51' 16"	56° 50 bis 56° 56'
(111) : (111)	56° 51' 16"	56° 55' bis 56° 57'
(111) : (111)	95° 22'	95° 22'
(111) : (110)	47° 41' *	47° 41' *
(111) : (101)	28° 25' 38"	(28° 14')
(111) : (100)	61° 34' 22"	61° 30'' bis 61° 35'

	Berechnet	Gemessen
(111):(010)	61° 34' 22"	61° 34 ¹ / ₂
(6. 9. 10):(6. 9. 10)	56° 44' 54"	—
(6. 9. 10):(6. 9. 10)	36° 57' 48"	—
(6. 9. 10):(010)	61° 36' 33"	(61° 46')
(6. 9. 10):(100)	71° 31' 6"	(71° 1')
(101):(100)	57° 13' 37"	(57° 5')
(101):(101̄)	114° 27' 14"	—
(301):(100)	27° 19' 9"	27° 20'
(301):(301̄)	54° 38' 18"	—
(301):(111)	40° 12' 30"	40° 17'

Von den genannten Formen ist (3 0 5) nicht durch Messungen sondern durch die Zonen $[(101):(100)]$ und $[(6. 9. 10):(010)]$ bestimmt. Die Flächen von P, ∞P , und $\infty P \infty$ waren im Allgemeinen ausgezeichnet glänzend und genau messbar, diejenigen von den Pyramiden zweiter Ordnung, sowie von oP und $\frac{3}{10}P\frac{3}{2}$ dagegen in der Regel weniger gut messbar.

Bei weitem die meisten Krystalle sind aber nicht Einzelkrystalle sondern *einfache Zwillinge* nach der DeuteroPyramide $P \infty (101)$. Diese Zwillinge sind *nach einer in der Zwillingsebene liegenden Kante* $[(111):(111)]$ *prismatisch ausgezogen* und zeigen an dem frei ausgebildeten Ende regelmässig die Flächen von $\infty P \infty (100)$ und $\infty P (110)$ mit auspringenden Winkeln:

	Berechnet	Gemessen
(100):[100]	65° 32' 46"	65° 32'—35'

Diese Zwillinge sehen vollkommen wie rhombische Einzelkrystalle aus (siehe Fig. 2 & 3) und zeigen nur selten einspringende Winkel, welche ihre Natur als Zwillinge verrathen; ich würde dieselben deshalb gewiss für rhombische nach der Vertikalaxe ausgezogene Krystalle angesehen haben, wenn nicht zufällig auch einige Einzelkrystalle und einige deutliche Zwillinge mit einspringenden Winkeln sich unter meinem Materiale befunden hätten.

Um über die Beschaffenheit der einfachen Krystalle und der Zwillinge eine Vorstellung zu geben, sollen hier einige Messungen beider Ausbildungen abgedruckt werden.

Fig. 1 giebt eine naturgetreue Skizze einer messbaren Ecke eines Krystalles, dessen oberer Theil einem frei ausragenden Individuum gehört, während der untere Theil einem zweiten Individuum in Zwillingstellung nach 101 angehört; dies zweite Individuum lieferte keine genauen Messungen, sondern erlaubte nur die Orientirung festzustellen.

recht complicirtem Bau vor; an einem solchen wurde constatirt, dass auf dem Hauptindividuum drei Individuen in Zwillingstellung nach drei Flächen (101), (011) und ($\bar{1}$ 01) aufgesetzt waren.

Das Axenverhältniss des Mossit ist sehr nahe dasselbe wie am Tapiolit von Sukula, Finland.

Ich wurde dadurch, dass der Mossit so häufig in wie rhombische Einzelkrystalle aussehenden Zwillingen ausgebildet ist, auf einen Vergleich theils mit dem Tapiolit, theils mit dem «Tantalit» geführt. Der Tapiolit tritt theils in Einzelkrystallen auf, welche nach *A. E. Nordenskiöld* das Axenverhältniss $a : c = 1 : 0.6464$ zeigen sollen, und bei welchen die Grundpyramide allein vorkommt, seltener mit Begleitung von anderen Formen; theils entdeckte ich *unter Krystallen von Sukula, Finland auch einen Zwilling nach* $P\infty$, vollkommen analog denjenigen des Mossit nach einer Kante [(111):(1 $\bar{1}$ 1)] prismatisch ausgezogen und am Ende mit ausspringenden Winkeln der Formen (110) ∞P und (100) $\infty P\infty$ und an einer Ecke mit einspringendem Winkel zwischen zwei Flächen: x eines oberen und [110] des unteren Individuums; die Fläche x ist eine unbestimmte Pyramide der Zone [(1 $\bar{1}$ 1):(100)]. An diesem in Fig. 4 dargestellten Zwilling, welcher z. Th. ausgezeichnet messbar war, erhielt ich für

$$100 : [100] = 66^{\circ} 15'$$

woraus:

$$a : c = 1 : 0.65251.$$

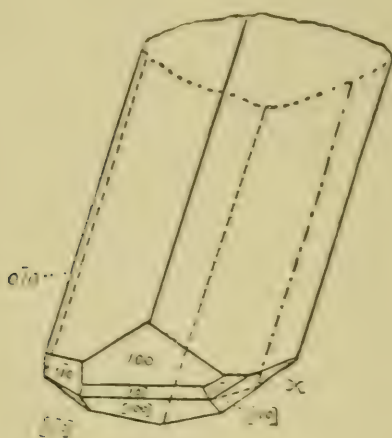
	Berechnet	Gemessen
(111) : (1 $\bar{1}$ 1)	$57^{\circ} 18\frac{1}{2}'$	$57^{\circ} 15\frac{1}{2}'$
(111) : (100)	$61^{\circ} 20\frac{3}{4}'$	$61^{\circ} 13'$ etc.
(101) : (100)	$56^{\circ} 52\frac{1}{2}'$	—

Diese Winkel weichen ganz beträchtlich von denjenigen des Mossit ab, was nicht auf Ungenauigkeit der Messungen, welche für beide Vorkommen vollkommen genügend waren, sondern auf eine thatsächlich vorhandene Verschiedenheit der Axenverhältnisse bezogen werden muss. Der gemessene Zwilling von Tapiolit zeigt übrigens z. Th. einspringende Winkel (siehe Fig. 4).

Die Entdeckung dieser Zwillinge des Mossit und des Tapiolit aus Sukula führte ganz natürlich auf einen Vergleich mit den für rhombisch gehaltenen Krystallen des Tantalit. *Es ergab sich dabei das interessante und überraschende Resultat, dass diese in der That nichts weiter als*

Zwillinge von Tapiolit sind und dass also der für rhombisch angesehene Tantalit (Skog)lit. A. E. Nordenskiöld, Tammela-Tantalit. Tantalit заѣξογγν N. Nordenskiöld) mit dem Tapiolit identisch ist.

Fig. 4.



Nach *N. Nordenskiöld*¹ wäre der Tammela-Tantalit rhombisch mit dem Axenverhältniss $a : b : c = 0.8166 : 1 : 0.6519$. Die herrschende Combination wäre $\infty \bar{P} \frac{3}{4}$ (490) und $P(111)$; ausserdem wurden auch Combinationen von $\infty \bar{P} \frac{3}{4}$ und P mit $\infty \bar{P} \infty$ (010), $\infty \bar{P} \infty$ (100), $\bar{P} \infty$ (011), $3\bar{P} \infty$ (031), $\frac{1}{3}\bar{P} \infty$ (016), $2\bar{P}2$ (211) und $\frac{3}{2}\bar{P} \frac{3}{2}$ (322) beobachtet. Ferner führte *N. Nordenskiöld* an, dass *Zwillinge nach $\infty \bar{P} \infty$ (010) häufig wären*; es ist überflüssig zu bemerken, dass solche Zwillinge, wenn der Tantalit rhombisch holoëdrisch wäre, natürlich unmöglich sein würden. *Nordenskiöld's Beobachtung*, dass die Tantalitkrystalle häufig nach einer seiner Form $\infty \bar{P} \infty$ (010) entsprechenden Fläche Zwillinge sind,² ist aber vollkommen richtig und für uns von Bedeutung.

Seine Fläche $\infty \bar{P} \infty$ entspricht nämlich unzweifelhaft der herrschenden Zwillingfläche des Tapiolit $P \infty$, ebenso wie seine Flächen $\infty \bar{P} \infty$ und $\bar{P} \infty$ beide dem Deuteroprisma $\infty P \infty$ des Tapiolit entsprechen. Man hat:

¹ Acta Soc. Scient. Fenn. B. 1.

² *N. Nordenskiöld* bemerkt selbst darüber (Acta Soc. Sc. Fenn., B. 1, S. 122 (1842)) «les cristaux ont une tendance particulière à former des cristaux doubles, dont la forme est souvent tellement compliquée, que le développement en a été souvent fort difficile». *A. E. Nordenskiöld* bemerkt auch, dass Zwillingsskrystalle nach $\infty \bar{P} \infty$ ganz allgemein sind, und giebt sogar Figuren von derartigen Zwilling- und Drillingskrystallen (Pogg. Ann. B. 101, Tab. III, Fig. 7, 8 und 9).

Nach *Nordenskiöld's* Stellung

Tantalit	Tapiolit
(010) : (011) $56^0 54'$	(101) : (100) $56^0 52\frac{1}{2}'$
(490) : (490) $57^0 7'$	(111) : ($\bar{1}\bar{1}\bar{1}$) $57^0 18\frac{1}{2}'$
(011) : (322) ¹ $45^0 4'$	(100) : (110) 45^0
(100) : (322) $44^0 56'$	(010) : (110) 45^0
(011) : ($\bar{0}\bar{1}\bar{1}$) $66^0 12'$	(100) ^I : (100) ^{II} $66^0 15'$
etc.	etc.

Nach dem aus den Angaben *Nordenskiöld's* berechneten Winkel (010) : (011) des Tantalit von Härkäsaari = $56^0 54'$ wäre das entsprechende tetragonale Axenverhältniss (indem (010) = (101), (011) = (100)) des echten Tantalit

$$a : c = 1 : 0.65189,$$

was so genau mit dem nach meinen Messungen des Tapiolit von Sukula abgeleiteten Axenverhältniss $a : c = 1 : 0.65251$ übereinstimmt, dass wir gewiss beide Mineralien — da sie auch dieselbe chemische Zusammensetzung besitzen — als identisch ansehen können.

Es setzen sich demnach die Formen *Nordenskiöld's* am Tantalit in folgende Formen des Tapiolit um (siehe Fig. 5 und 6, Copien der Figuren

Fig. 5.

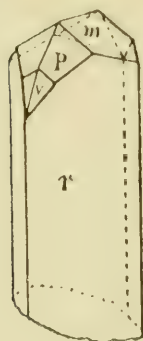
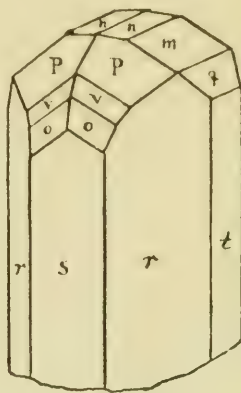


Fig. 6.



Nordenskiöld's in Acta* Soc. Scient. Fenn. B. I, Taf. VI, Fig. 1 und 2, von dem Tantalit, indem doch nur das obere Ende der Krystalle — sie sind immer aufgewachsen — wiedergegeben ist):

¹ Der von *N. Nordenskiöld* gemessene Winkel der Flächen $v : v'$ (seiner Grundpyramide des Tantalit = $\infty P(110) : (\bar{1}\bar{1}0)$ des Tapiolit) war eigentlich $88^0 15' 18''$, ein Beweis dafür, dass seine Messungen infolge der Beschaffenheit des gemessenen Krystalles wenig genau gewesen sind.

*Tantalit n. N. Nordenskiöld**Tapiolit*

$r = (490) \propto \bar{P} \frac{3}{4}$	$=$	$(111) P$
$s = (100) \propto \bar{P} \propto$ und $m = (011) \bar{P} \propto$	$=$	$(010) \& (100) \propto P \propto$
$t = (010) \propto \bar{P} \propto$	$=$	$(101) P \propto$
$q = (031) \frac{3}{2} \bar{P} \propto$ und $n = (016) \frac{1}{2} \bar{P} \propto$	$=$	$(301) \& (30\bar{1}) \frac{3}{2} P \propto$
$v = (322) \frac{3}{2} \bar{P} \frac{3}{2}$	$=$	$(110) \propto P$
$p = (111) P$ und $o (211) 2\bar{P} 2$	$=$	$(320) \& (230) \propto P \frac{3}{2}$

Was die beiden letzten Formen betrifft, ist es wohl recht wahrscheinlich, dass sie eigentlich derselben Form angehörig sind, nämlich dem ditragonalen Prisma $\propto P \frac{3}{2}$. Für $p:p$ erhielt *Nordenskiöld* durch Messungen mittels des Reflexionsgoniometers $67^{\circ} 29\frac{1}{2}'$, während dieser Winkel für $\propto P \frac{3}{2}$ des Tapiolit $67^{\circ} 23'$ sein sollte. *Nordenskiölds* Form o wurde nur durch eine approximative Messung mittels des Handgoniometers bestimmt; er fand für $o:o'$ ca. 110° , während dieser Winkel für $\propto P \frac{3}{2} = (230):(2\bar{3}0) = 112^{\circ} 31'$ sein müsste, eine Abweichung, welche in Betracht der unvollkommenen Messung wohl die Annahme der Form o als (230) entsprechend erlaubt.

Die gewöhnlich in den Lehrbüchern überall reproducirte Figur des Tantalit ist nach *N. Nordenskiölds* eigener Angabe, wohl zu merken, keine beobachtete Combination, sondern eine ideale Darstellung; in der That sind die Tantalitkrystalle immer nur mit einem Ende ausgebildet, nämlich demjenigen, an welchem die Flächen der tetragonalen Prismenzone ausspringende Winkel bilden.

Doch sieht man häufig die Zwillingsbildung deutlich erkennbar, indem einspringende Winkel durch ungleichmässige Ausbildung der beiden Individuen nicht selten sind; ich habe mich davon selbst überzeugen können an einer Anzahl Zwillinge von Tantalit sowohl von Härkäsaari als (angeblich) von Kimito in Finnland. Die tetragonale Prismenzone ist namentlich auf den Krystallen von Kimito stark vertikal gestreift, ganz wie auf vielen Vorkommen von Zinnstein oder Rutil durch Oscillation der Flächen von $\propto P$, $\propto P \propto$ und $\propto P \frac{3}{2}$.

Die von *A. E. Nordenskiöld* gemessenen Krystalle von Tapiolit erlaubten keine genauen Messungen;¹ es ist demnach nicht möglich zu entscheiden, ob die von ihm gemessenen Tapiolit-Krystalle thatsächlich ein anderes Axenverhältniss als der von mir gemessene ausgezeichnete Tapiolit-Zwilling von Sukula und der mit diesem nahe übereinstimmende

¹ Siehe *A. E. Nordenskiöld* Pogg. Ann. B. 122, S. 608: «Die Krystallflächen sind gewöhnlich glänzend, doch nicht hinlänglich gleichmässig und eben zu ganz genauen Goniometrimessungen».

ebenfalls gewiss theilweise recht genau messbare von *N. Nordenskiöld* gemessene Tantalitzwilling von Härkesaari besessen hat; wenn aber in Betracht gezogen wird, dass der sogenannte Tapiolit von Kulmala bei Sukula und der Tantalit von Härkesaari dieselbe Zusammensetzung besitzen sollen, ist es wahrscheinlich, dass die von meinen und von *N. Nordenskiöld*s Messungen abgeleiteten Axenverhältnisse $a : c = 1 : 0.65251$ resp. $1 : 0.65189$, welche je unter sich recht nahe übereinstimmen, in der That sehr nahe das wahre Axenverhältniss des tetragonalen Tantalit ausdrücken.

Da somit das ursprüngliche als Tantalit bezeichnete, bisher nach *N. Nordenskiöld*s Untersuchung von allen Autoren ohne nähere Kritik für rhombisch gehaltene Mineral in der That als tetragonale Zwillinge mit demselben Axenverhältnisse wie die einfachen Tapiolitkrystalle krystallisirt, wäre streng genommen einer der Namen Tapiolit und Tantalit also überflüssig und müsste eigentlich gestrichen werden.

Dies Resultat ist in mehreren Beziehungen von Interesse. So war bisher der bedeutende Unterschied in der Ausbildung und im Axenverhältniss zwischen dem Tantalit (*Fe, Mn*) Ta_2O_6 einerseits und dem Columbit (*Fe, Mn*) Nb_2O_6 andererseits in hohem Grade auffallend. Namentlich nach der Entdeckung des Mangantantalit durch *A. Arzruni* musste dieser Unterschied noch mehr auffallen, indem dies Mineral typologisch dem Columbit vollkommen analog ausgebildet ist und in seinem Axenverhältniss unbedeutend von diesem abweicht; der Vergleich zwischen dem Columbit und dem Tantalit war ja nach der früheren Auffassung der Krystalle des letzteren in hohem Grade künstlich, indem das herrschende Prisma des Tantalit eine so complicirte Form wie ∞P_4^9 (490) wäre.

Reine Eisentantalite, welche dem rhombischen Krystallsystem angehörig sind und den gewöhnlichen Columbittypus zeigen, sind bis jetzt nicht mit Sicherheit bekannt; ein gemischter Eisen-Mangantantalit mit einem demjenigen gewisser Columbite ähnlichen Typus und sicher dem rhombischen System angehörig, ist vielleicht (?) der sogenannte *Ixionolith* (*Ixiolith*) von Skogböle in Kimito, Finnland; derselbe soll aber eine bedeutende Menge SnO_2 enthalten, was dann auch wohl die Ursache des in hohem Grade abweichenden Axenverhältnisses desselben sein dürfte.¹ *E. S. Dana* erwähnt ferner, dass er Verbindungen mit bis 57 Procent Ta_2O_5 und nur 27 Procent Nb_2O_5 , welche dennoch den gewöhnlichen

¹ An einem guten Krystall von Ixionolith von Skogböle habe ich (1890) gemessen: $(211) : (201) = 20^0 22'$ (Nordenskiöld berechnet $21^0 10'$), ferner $(201) : (001) = 61^0 11\frac{1}{2}'$ (Nordenskiöld berechnet $61^0 9'$); daraus erhält man: $a : b : c = 0.8486 : 1 : 0.7663$. Es wären nach dieser Auffassung die Krystalle des Ixionolith am nächsten in ihrem Typus mit den

Columbittypus zeigten, untersucht hat.¹ Später hat *W. P. Headlen* Mineralien mit Columbitform mit bis 57.60 Ta_2O_5 (und 24.40 Nb_2O_5) und mit ganz vorherrschendem FeO gegen MnO, aus Yolo mine, Black Hills, Dakota untersucht;² er analysirte auch Tantalite aus derselben Gegend mit bis 88.23 % Ta_2O_5 , aber ihre Krystallform wurde nicht sicher erkannt. Endlich hat auch *v. Chrustschoff* (Verh. d. k. russ. min. Gesellsch. zu St. Petersburg, 1894, B. 31, P. 416) einen «Niobit» aus Süd-Carolina mit 68.15 Ta_2O_5 und nur 11.15 Nb_2O_5 (sowie mit 15.32 FeO und 2.61 MnO) analysirt; da sein Material als «Niobit» bezeichnet wird, muss dasselbe wohl die Krystallform dieses Minerals besessen haben.

Obwohl ganz reine Fe-Tantalite mit Columbitform somit bis jetzt nicht bekannt sind, dürfte es nicht mehr zweifelhaft sein, dass wie schon von *E. S. Dana* angenommen, zwischen den Endgliedern FeNbO_4O_6 und FeTa_2O_6 alle möglichen Mischungen in Columbitform möglich sind.

Die von mehreren Autoren (z. B. *Groth*, Tabell. Übers. d. Min., 3. Ausg., S. 74) hervorgehobene Ähnlichkeit der *c*-Achsen beim Tantalit und Tapiolit, welche «die Dimorphie des metatantalsuren Eisens» beweisen sollte, ist nach dem obenstehenden ganz hinfällig, indem die Identität des Tantalit und des Tapiolit bewiesen ist; das metatantalsaure Eisen ist ziemlich sicher dimorph, eine Ähnlichkeit der *c*-Achsen der tetragonalen und der rhombischen in Columbitform ausgebildeten Modifikation existirt aber nach dem Obenstehenden nicht. *E. S. Dana*, welcher (Syst. of Min., 3. Aufl., P. 736, 1892) mit Recht darauf aufmerksam machte, dass die Versuche, darauf eine isomorphe geometrische Ausbildung bei dem sogenannten Tantalit von Finnland und dem Columtit zu begründen, rein künstlich

grönländischen Columbiten zu vergleichen, indem sie wie diese eine stark gestreifte herrschende Zone von Brachydomen besitzen. *A. E. Nordenskiöld's* Formen am Ixionolith (Pogg. Ann. B. 101, S. 626 ff.) wären nach dieser Deutung, verglichen mit denjenigen des Columbit nach der Stellung *Groth's*:

Ixionolith <i>Nordenskiöld</i>	Columbit $a : b : c = 0.8047 : 1 : 0.7159$ (<i>Dana-Groth</i>)
$m = (110) \propto P$	$\epsilon = (201) 2 \bar{P} \propto$
$p = (111) P$	$n = (\bar{4}12) 2 \bar{P} \propto$
$b = (100) \propto \bar{P} \propto$	$a = (100) \propto \bar{P} \propto$
$c = (010) \propto \bar{P} \propto$	$\epsilon = (001) o P$
$\epsilon = (001) o P$	$b = (010) \propto \bar{P} \propto$
$n = (011) \bar{P} \propto$	$\delta = (011) \bar{P} \propto$
$t = (031) 3 \bar{P} \propto$	$(013) \frac{1}{3} \bar{P} \propto$

Diese Deutung ist jedoch immerhin unsicher und der Ixionolith bedarf überhaupt einer neuen vollständigen Untersuchung auf genügendem Materiale.

¹ *E. S. Dana*, Zeitschr. f. Krystall. B. 12, S. 173.

² Amer. Journ. of sc. 1891, 41, P. 89; Zeitsch. f. Kryst. B. XXII, P. 312 Ref.

sind, indem «the similarity is more apparent than real», führte deshalb den ursprünglichen von N. Nordenskiöld beschriebenen und für rhombisch angenommenen «Tantalit von Härkäsaari» mit Nordenskiöld unter einem besonderen Namen als *Skogbölit* auf, und führte den älteren Nordenskiöld'schen Namen Tantalit auf das in Columbitform ausgebildete Fe-Tantalat $(Fe, Mn)(Ta, Nb)_2O_6$ über. Wie aus dem Obenstehenden hervorgeht, muss dieser Name Skogbölit gestrichen werden. Es fragt sich demnach, wie sind die Namen Tantalit und Tapiolit zu brauchen?

Es ist hier zu bemerken, dass der Name Tantalit, welcher der ältere ist, nach dem oben angeführten eigentlich für Zwillinge der tetragonalen Modifikation von $FeTa_2O_6$ eingeführt wurde; es würde deshalb scheinen, als ob es eigentlich correct sein würde, das am spätesten eingeführte dieser Synonyme: Tapiolit, welches erst 1862 eingeführt wurde, zu streichen und den ursprünglichen Namen: Tantalit für die tetragonale Modifikation des metatantalsauren Eisens zu behalten; obwohl nun dies Verfahren gewiss am meisten correct sein würde, dürfte es dennoch wenig zweckmässig sein; es würde dasselbe nämlich eine wenig glückliche Ungleichmässigkeit in der Nomenclatur veranlassen, indem ja der Name Mangantantalit für die *rhombische* Modification des metatantalsauren Mangans beibehalten werden müsste, gleichzeitig damit, dass der Name Tantalit die *tetragonale* Modification des metatantalsauren Eisens bezeichnen sollte. Da es nun nicht mehr zweifelhaft ist, dass in der Natur auch die rhombische der Columbitreihe angehörige Modification dieses letzteren existirt, scheint es zweckmässiger mit *Dana* den Namen Tantalit für diese zu reserviren und den Namen Tapiolit wie bis jetzt für die tetragonale Modifikation zu brauchen.

Das Axenverhältniss des Mossit ist, wie die Messungen, welche als ganz genau angesehen werden können, erweisen, von demjenigen des Tapiolit nicht ganz unerheblich abweichend. In hohem Grade auffallend ist das Auftreten der Pyramide $\frac{9}{10}P\frac{3}{2}$; diese Form wurde an zwei Krystallen gefunden; an beiden trat sie nicht mit tetragonalen, sondern mit rhombischer Flächenvertheilung auf, indem an beiden die Flächen (9. 6. 10) und (9. $\overline{6}$. 10) fehlten, während die Flächen (6. 9. 10) und (6. $\overline{9}$. 10) vorhanden waren.

Der Mossit sowie der Tapiolit gehören in krystallographischer Beziehung ihrem Typus nach zu einer weit verbreiteten geometrisch homöomorphen Gruppe, welche durch nahe übereinstimmende Axenverhältnisse, wie durch grosse «typologische Persistenz» charakterisirt ist:

Mossit			$a : c = 1 : 0.64379$
Tapiolit	$\overset{(IV)}{\text{Fe}}_3$	$\overset{XX)}{\text{Ta}}_4 \text{O}_{12}$	$= 1 : 0.65215^1$
Dechenit (?)	$\overset{(IV)}{(\text{Pb}, \text{Zn})}_3$	$\overset{XX)}{\text{V}}_4 \text{O}_{12}$	$= 1 : 0.6591 (?)$
	$\overset{(IV)}{\text{Ag}}_4$	$\overset{XX)}{\text{Cl}}_4 \text{O}_{12}$	$= 1 : 0.6594$
	$\overset{(IV)}{\text{Ag}}_4$	$\overset{XX)}{\text{Br}}_4 \text{O}_{12}$	$= 1 : 0.6667$
Xenotim.	$\overset{(IX)}{\text{Y}}_3$	$\overset{XV)}{\text{P}}_3 \text{O}_{12}$	$= 1 : 0.6260$
	$\overset{(IX)}{\text{H}_6 \text{K}_3}$	$\overset{XV)}{\text{P}}_3 \text{O}_{12}$	$= 1 : 0.664$
	$\overset{(IX)}{\text{H}_6 \text{K}_3}$	$\overset{XV)}{\text{As}}_3 \text{O}_{12}$	$= 1 : 0.666$
	$\overset{(IX)}{\text{H}_6 \text{Am}_3}$	$\overset{XV)}{\text{P}}_3 \text{O}_{12}$	$= 1 : 0.7124$
	$\overset{(IX)}{\text{H}_6 \text{Am}_3}$	$\overset{XV)}{\text{As}}_3 \text{O}_{12}$	$= 1 : 0.715$
Zirkon	$\overset{(XII)}{\text{Zr}}_3$	$\overset{XII)}{\text{Si}}_3 \text{O}_{12}$	$= 1 : 0.6464$
Rutil	$\overset{(XII)}{\text{Ti}}_3$	$\overset{XII)}{\text{Ti}}_3 \text{O}_{12}$	$= 1 : 0.6440$
Thorit (ursprünglich)	$\overset{(XII)}{\text{Th}}_3$	$\overset{XII)}{\text{Si}}_3 \text{O}_{12}$	$= 1 : 0.646$
Zinnerz	$\overset{(XII)}{\text{Sn}}_3$	$\overset{XII)}{\text{Sn}}_3 \text{O}_{12}$	$= 1 : 0.6723$
Polianit	$\overset{(XII)}{\text{Mn}}_3$	$\overset{XII)}{\text{Mn}}_3 \text{O}_{12}$	$= 1 : 0.6647$

Der *Dechenit* ist mit Fragezeichen in der Tabelle aufgeführt; sein Axenverhältniss $a : b : c = 0.8354 : 1 : 0.6538$ ist aber so auffallend nahe dem aus der früheren Auffassung des Tantalit abgeleiteten Axenverhältniss dieses Minerals $a : b : c = 0.8166 : 1 : 0.6519$, dass die Annahme sehr nahe liegt, dass auch die Dechenitkrystalle, welche von *Grailich* gemessen wurden, analog mit dem sogenannten Tantalit nur pseudorhombisch, in der That aber tetragonale Zwillingkrystalle nach dem gewöhnlichen Tapiolit-Typus sein dürften; ich habe deshalb zum Vergleich mit dem Tapiolit aus den für den Dechenit angegebenen Winkeln unter dieser Voraussetzung das entsprechende tetragonale Axenverhältniss berechnet; für die Entscheidung dieser Frage fehlte mir das Material, da die gewöhnlichen kleintraubenförmigen Dechenitstufen überhaupt für die Lösung derselben unbrauchbar sind.

¹ Mittel der Axenverhältnisse, welche aus meinen Messungen am Tapiolit und aus *N. Nordenskiölds* Messungen am sogenannten Tantalit erhalten wurden (siehe oben).

Für die beiden Verbindungen AgClO_3 und AgBrO_3 wurde zum Vergleich mit dem Tapiolit die gewöhnliche Stellung geändert; die Formen $P\infty$, $\frac{1}{2}P$, ∞P , $\infty P\infty$ und oP setzen sich dabei um in: P , $P\infty$, $\infty P\infty$, ∞P und oP ; es scheint diese Stellung, in welcher die Krystalle des AgClO_3 und AgBrO_3 die vollständigste Analogie mit dem Tapiolit zeigen, entschieden zum Vergleich mit diesem vorzuziehen zu sein.

In dem obenstehenden Verzeichniss sind keineswegs alle Glieder der geometrisch homöomorphen Reihe, für welche der Tapiolit, der Xenotim und der Zirkon als Typen dienen können, angeführt; es soll hier z. B. an die Mineralien der Homilit-Datholith-Reihe und ihre Beziehungen zum Zirkon,¹ an die geometrische Verwandtschaft des rhombischen Weibyeit mit dem Zirkon² erinnert werden. Auch finden sich z. B. gewisse interessante morphotropische Beziehungen zwischen dem tetragonalen Xenotim $\overset{\text{(IX XV)}}{\text{Y}_3\text{P}_3\text{O}_{12}}$ und dem monosymmetrischen Monazit $\overset{\text{(IX XV)}}{\text{Ce}_3\text{P}_3\text{O}_{12}}$; auf die weitere Verfolgung dieser Verwandtschaftsbeziehungen in allen Einzelheiten kann hier nicht näher eingegangen werden.

Dagegen scheint es nicht ohne Interesse zu untersuchen, ob innerhalb dieser Reihe auch Verbindungen bekannt sind, *welche gleich den Verbindungen $(\text{Fe}, \text{Mn})\text{Ta}_2\text{O}_6$ und $(\text{Fe}, \text{Mn})\text{Nb}_2\text{O}_6$ sowohl in tetragonaler als in rhombischer Form bekannt sind*, und ob bei derartigen Verbindungen in diesem Falle auch die rhombische Modification mit der Columbit-Tantalitform der genannten Niobo-Tantalate nähere Analogien zeigt. *Das ist nun auffallender Weise mit der Verbindung TiO_2 oder wie dieselbe oben zum Vergleich mit dem Tapiolit geschrieben wurde, $\text{Ti}_3\text{Ti}_3\text{O}_{12}$ der Fall.*

Indem unten für den Columbit, wie für den Brookit die von E. S. Dana gebrauchte Aufstellung und die von ihm in seinem System of Min., 3. Aufl. angegebenen Axenverhältnisse benutzt werden sollen, ergibt sich die folgende Übereinstimmung in der Form und in den Axenverhältnissen beider Mineralien:

Columbit $a : b : c = 0.82850 : 1 : 0.88976$ (E. S. Dana).

Brookit $a : b : c = 0.84158 : 1 : 0.94439$ (v. Kokscharow).

	Columbit	Brookit
$(110) : (1\bar{1}0)$	$79^\circ 17'$	$80^\circ 10'$
$(210) : (2\bar{1}0)$	$45^\circ 0'$	$45^\circ 38\frac{1}{2}'$
$(102) : (1\bar{0}2)$	$56^\circ 28'$	$58^\circ 35\frac{1}{2}'$
$(011) : (0\bar{1}1)$	$83^\circ 19'$	$86^\circ 43\frac{1}{2}'$

¹ Siehe W. C. Brögger, Zeitschr. f. Krystall. B. XVI, S. 147, (II).

² Ibid, S. 654 (II).

	Columbit	Brookit
(021) : (0 $\bar{2}$ 1)	121° 20'	124° 12'
(111) : (1 $\bar{1}$ 1)	77° 29'	78° 25'
(111) : (1 $\bar{1}$ 1)	62° 27½'	64° 17'
(111) : (11 $\bar{1}$)	71° 17'	68° 34'
(121) : (1 $\bar{2}$ 1)	55° 30'	55° 24'
(121) : (1 $\bar{2}$ 1)	100° 59'	102° 58½'
(121) : (12 $\bar{1}$)	51° 24'	48° 57'
(100) : (110)	39° 38½'	40° 5'
(001) : (101)	47° 2½'	48° 17½'
(001) : (011)	41° 39½'	43° 21½'

Die Formen (100), (010), (001), (110), (210), (102), (011), (021), (111), (121) sind bei beiden Mineralien beobachtet.

Ebenso ist sowohl beim Columbit als beim Brookit eine tafelförmige Ausbildung nach (100), mit einer der Vertikalaxe parallelen Flächenstreifung und mit (001) und mehreren Makrodomen und Brachydomen sowie Pyramiden (darunter (111)) am Ende, häufig an vielen Vorkommen; die Ausbildung des grönländischen Columbit ist seinem Typus nach viel mehr verschieden von dem gewöhnlichen tafelförmigen Columbit von Bodenmais, Middeltown, Black Hills, von Moss in Norwegen etc. als von dem Brookit von Ellenville (Dana) und von verschiedenen alpinen Vorkommen. Auch ist dieser Brookittypus typologisch mehr verschieden von dem Arkansit als der tafelförmige Columbit von den gewöhnlichen tafelförmigen alpinen Brookiten. Die Winkeldifferenzen bei entsprechenden Formen des Columbit (resp. Tantalit) und Brookit sind geringer als bei manchen Mineralien, welche ganz allgemein als isomorph angesehen werden.¹

Die doppelte geometrische Homoimorphie von *Rutil und Brookit* mit *Tapiolit und Tantalit* (Columbit) bietet somit eine vollkommene Analogie zu dem bekannten Beispiel der doppelten geometrischen Homöomorphie der Verbindung KNO₃ (und NaNO₃) in rhomboëdrischer und rhombischer Form mit CaCO₃ als Kalkspath und Aragonit. Dass derartige Verhältnisse ebenso wohl bei diesen chemisch *nicht* analogen Substanzen als bei chemisch analogen Substanzen auf einem analogen molekulären

¹ Das Axenverhältniss der Mineralien der Columbit-Tantalit-Reihe variirt nicht wenig; an ausgezeichneten norwegischen Krystallen von Columbit von Elvestad habe ich aus den Fundamentalwinkeln

(133) : (1 $\bar{3}$ 3) = 30° 20' und (133) : (1 $\bar{3}$ 3) = 80° 56' (Brügger), für welche
von Dana = 29° 57' und = 79° 54' gefunden wurde.

das Axenverhältniss a : b : c = 0.82688 : 1 : 0.90849

berechnet; dies stimmt, wie man sieht, noch genauer mit demjenigen des Brookit überein.

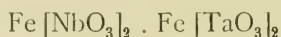
Bau beruhen muss, dürfte wohl auf die Dauer nicht geleugnet werden können.

Dass der Columbit FeNb_2O_6 oder wie oben geschrieben wurde $\text{Fe}_2\text{Nb}_4\text{O}_{12}$ sehr auffallende geometrische Beziehungen zu dem monosymmetrischen Wolframit $(\text{Fe}, \text{Mn})\text{WO}_4$ oder $(\text{Fe}, \text{Mn})_3\text{W}_3\text{O}_{12}$ zeigt, wurde schon von *Rose* nachgewiesen, welcher dieselbe als homoiomorph annahm. Die tetragonale Reihe der Wolframate und Molybdate (Scheelit etc.) entsprechen geometrisch vielleicht der dritten Modifikation der TiO_2 dem Anatas. — Auf die Analogie der Krystallform des Wolframit (und Columbit) mit den Mineralien der Pyroxenreihe etc. soll hier nicht näher eingegangen werden.

Kehren wir jetzt zum Mossit zurück. Die Messungen desselben führten auf ein Axenverhältniss, welches nicht ganz unbedeutend von demjenigen des Tapiolit abweicht; da auch das spec. Gewicht nur 6.45 beträgt, schien es sehr wahrscheinlich, dass die Zusammensetzung von derjenigen des Tapiolit abweichen müsste, weshalb eine Analyse desselben ausgeführt wurde. Dieselbe bestätigt in der That die naheliegende Vermuthung, dass der Mossit relativ reicher an Nb_2O_5 als an Ta_2O_5 im Vergleich mit dem Tapiolit sein müsste. Die Analyse, welche gütigst von Herrn Cand. min. *G. Thesen* ausgeführt wurde, ergab nämlh:

Nb_2O_5	}	. . . . . 82.92
Ta_2O_5		
SnO_2		0.18
FeO		16.62
		99.72

Von Al_2O_3 , MnO etc. war keine Spur vorhanden. Das Verhältniss zwischen Nb_2O_5 und Ta_2O_5 wurde durch fractionirte Krystallisation zu sehr nahe 31 Nb_2O_5 und 52 Ta_2O_5 bestimmt. Dies entspricht nahe einem Verhältniss von $\text{Nb}_2\text{O}_5 : \text{Ta}_2\text{O}_5 = 1 : 1$, was 31.23 Nb_2O_5 und 51.93 Ta_2O_5 , zusammen 83.16 %, fordern würde, während 82.92 gefunden wurde. Die Formel des Minerals wäre dann im vorliegenden Falle:



welche verlangt:

Nb_2O_5	}	. . . . . 83.16
Ta_2O_5		
FeO		16.84

Bei dem echten Tapiolit von Kulmala war nach *Rammelbergs* Analyse der Ta_2O_5 -Gehalt bedeutend grösser (Ta_2O_5 73.91, Nb_2O_5 11.22, SO_2 0.48, FeO 14.47, MnO 0.81).

Der Vergleich der Axenverhältnisse des Mossit = 1 : 0.644 und des Tapiolit = 1 : 0.652 zeigt, dass mit zunehmendem Gehalt an Ta_2O_5 die Vertikalaxe länger wird.

Ein sehr nahe übereinstimmendes Verhältniss zwischen Ta_2O_5 und Nb_2O_5 wurde von *K. v. Chrustschoff* (Verh. d. k. russ. min. Gesellsch. zu St. Petersburg, 1894, B. 31, P. 417) für «Tantalit von Finnland» gefunden, mit 23.97 Ta_2O_5 und 49.56 Nb_2O_5 , wobei doch an diesem Vorkommen MnO über FeO vorherrscht: das spec. Gew. wird nur zu 6.211 angegeben, während das norwegische Vorkommen 6.45 ergab; von der Krystallform ist nichts angeführt. — Die in Columbitform ausgebildete Verbindung $(Fe, Mn)Ta_2O_6 \cdot (Fe, Mn)Nb_2O_5$ mit 52.49 Ta_2O_5 und 31.31 Nb_2O_5 von Black Hills (*Headden* l. c.) zeigte ein höheres sp. Gew. 6.707. Es würde demnach scheinen, als ob die rhombische Modification der (Fe, Mn) -Tantalate und Niobate die specifisch schwerere wäre; es ist doch das bisher vorliegende Material von Beobachtungen in dieser Beziehung zu ungenügend um diese Frage sicher zu entscheiden.

Das Mineral, welches hier unter dem Namen *Mossit* aufgestellt wird, soll demnach tetragonale Verbindungen $Fe(Nb, Ta)_2O_6$, bei welchen das Niobat sich zum Tantalit wie 1 : 1 oder 1 + : 1 verhält, umfassen, während für Verbindungen, in welchen das Tantalat sich zum Niobat wie 1 + : 1 verhält, der Name Tapiolit beibehalten wird. *Der Mossit ist mit anderen Worten das tetragonale Aequivalent des Columbit*; es muss hinzugefügt werden, dass niobreichere Mischungen des Minerals noch nicht bekannt sind.

Der Mossit von Berg wurde nur an einer einzigen kleinen Stufe auf einem Pegmatitgang, welcher im Anfang der 80-er Jahre auf Feldspath getrieben wurde, entdeckt; die Stufe führte ausser Mossit auch Yttrotantalit und Columbit in guten, obwohl nicht messbaren Krystallen; von den drei Mineralien scheint der Yttrotantalit zuerst, dann der Columbit und zuletzt der Mossit auskrystallisirt.

Untersuchungen

zur

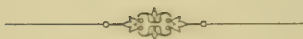
Farbenmischung im Auge

Von

Dr. phil. Kr. Birch-Reichenwald Aars

Videnskabselskabets Skrifter. I. Mathematisk-naturv. Klasse. 1897. No. 8

LIBRARY
NEW YORK
BOTANICAL
GARDEN



Kristiania

In Kommission bei Jacob Dybwad

A. W. Bröggers Buchdruckerei

1897

Vorgelegt in der Sitzung am 28. Mai von Prof. Dr. S. Torup.

Über Farbenmischung im Auge.

Von

Dr. phil. Kr. Birch-Reichenwald Aars.

In dem Schriftchen «Farbeninduction»¹ bezeichnete ich als Farbensyncrasie diejenige Farbenmischung auf der Netzhaut, die durch Juxtaposition entsteht, wenn die benachbarten Flächen in einer Entfernung betrachtet werden, wo der Inductionscontrast eben ausgeschlossen ist, wo aber von totaler Vermischung dieser Flächen keine Rede ist, wo die Grenzlinien gänzlich unverrückt sind (F. I. p. 3 u. 4).

Diese Entfernung variiert selbstverständlich mit der Ausdehnung der betreffenden Flächen. Näheres unten § 7.

Im Verhältniss zu sonstigen Mischungsmethoden kommt bei der Juxtapositions- resp. Inductionsmethode eine Verschiebung der färbenden Kraft zum Vorschein, wie es aus den früher mitgetheilten Kurven hervorgeht. Die Verschiebung ist so gerichtet, dass die blauen Farbenwirkungen ein sehr starkes Übergewicht erhalten.

Dieses Ergebniss ist durch meine Experimente im psychologischen Institute zu Bonn im Wintersemester 95—96 und im Sommersemester 96 vollauf bestätigt.

Indessen sind viele Untersuchungen, zu denen mir damals die Hilfsmittel fehlten, und welche deshalb in meiner F. I. nur angedeutet werden konnten, jetzt näher ausgeführt; die sonderbare Gestalt der Kurven ist dabei einer Erklärung näher gebracht worden.

Meine Versuche sind noch immer mit Pigmentpapieren angestellt, was nach der vergleichenden Untersuchung des reflectierten und durchfallenden Lichtes (F. I. p. 11) sicher gethan werden darf. Allerdings gebe ich zu,

¹ *Untersuchungen über Farbeninduction.* Videnskabselskabets Skrifter. I. M.-N. Kl. 1895. No. 3. Dieses Schriftchen wird in den folgenden Seiten als F. I. citiert.

Vid.-Selsk. Skrifter. M.-N. Kl. 1897. No. 8.

dass endgültige klare Vorstellungen über die hier beschriebenen Phänomene nur durch Spektralfarben zu erzielen sind. Die dafür nötigen Vorrichtungen sind mir zur Zeit nicht zugänglich. Nach den Versuchen mit Pigmentpapieren lassen sich jedoch wenigstens die Hauptpunkte der Syn-
crasieerscheinungen schon feststellen.

Natürlich spielen hier Helligkeit (F. I. p. 8 u. 12) und Sättigung (F. I. 13, Note) der benutzten Papiere eine grosse Rolle. Ich habe also zunächst diesbezügliche Bestimmungen gemacht.

§ 1. Helligkeiten.

Zum grossen Teile habe ich *die Heringschen Papiere* zu meinen Untersuchungen gebraucht. Die Helligkeiten dieser Papiere sind nach der *Martius'schen Methode* für grössere Netzhautbezirke hinreichend bestimmt.¹

Nach der Martius-Methode haben Herr *Kretzmann* und ich die Helligkeiten der von mir früher gebrauchten, und jetzt zu mehreren Kontrollversuchen herangezogenen Pigmentpapiere bestimmt.

Ich nenne hier die bezüglichen, früher gebrauchten Farben Rot I, Orange II, Gelb I, Gelbgrün I, Blau I, Blau II, Indigo I, Violet I und Purpur I.

Ihre Helligkeitswerte sind nach der Methode Martius berechnet:

Rot I	= 80° Weiss	Blau II	= 60° W.
Orange II	= 120° W.	Indigo I	= 15° W.
Gelb I	= 230° W.	Violet I	= 40° W.
Gelbgrün I	= 90° W.	Purpur I	= 20° W.
Blau I	= 70° W.		

Die Helligkeitswerte der *Heringschen Papiere* sind:

Rot II	= 60° W.	Blaugrün III	= 40° W.
Orange III	= 140° W.	Indigo II	= 15° W.
Gelb II	= 215° W.	Violet II	= 15° W.
Gelbgrün II	= 105° W.	Purpur II	= 50° W.

Meine Farbenpapiere bilden folgende spektrale Reihe: Rot II — Rot I — Orange III — Orange II — (Orange I) — Gelb II — Gelb I — Gelbgrün I und II — Blaugrün III — Blau I — Blau II — Indigo I und II — Violet I — Violet II — Purpur I — Purpur II.

Bei der Helligkeitsbestimmung war das betreffende Pigment durch einen 2 cm. breiten Ring vertreten, und die Beobachtung wurde in etwa 1 m.s. Entfernung gemacht. Die Helligkeiten werden so *für die Nähe*

¹ Martius, Beiträge zur Psych. und Phil. Heft I.

und für *grosse* Netzhautbilder bestimmt. Nach allen bezüglichlichen Beobachtungen steht es fest, dass die Verhältnisse der Helligkeit mit abnehmender Bildgrösse und steigender Entfernung sich ändern. Eine Reduction der farbigen Helligkeiten auf neutrales Grau ist mir bei den hier interessantesten Grössenlagen, etwa bei 1 mm. Bildgrösse in 1 m. Entf., 5 in 5 u. s. w. nicht gelungen, weil die Martiussche Methode dabei versagt hat. Das überhaupt etwas schwankende direkte Vergleichen, ohne Anwendung des Nachbildes, ergab bei Bildgrösse 5 mm. (Ring) in 1 m. Entfernung meistens etwas *grössere* Werte (in Weiss ausgedrückt) als die Nachbildmethode. Derselbe Ring in 5 m. Entfernung erscheint, *wenn er indigo, violet oder purpurfarbig ist, dunkler als in der Nähe*, Blau und Gelb schien bei diesen Untersuchungen gleich zu bleiben, Orange und Grün waren sogar in der Ferne relativ aufgehellt. Die Beobachtung ist allerdings in Bezug auf Indigo eine alte. In drei verschiedenen Weisen lässt sie sich erklären. Nach der einen Erklärung nimmt die Helligkeit des Indigo bei Beschränkung des Feldes ab wegen der Absorption in der *Macula lutea*,¹ nach der anderen, weil im Zentrum das Stäbchenlicht fehlt.² Endlich kann auch die Dispersion nach Analogie des kurzsichtigen Auges eine merkliche Herabsetzung der Helligkeit bewirken.³

§ 2. Sättigung.

a) Vorerörterung.

Es giebt zur Bestimmung der chromatischen Energie eines Pigmentpapieres, von den Inductionswirkungen abgesehen, schon zwei gänzlich unabhängige Wege: die relative Bestimmung durch irgend ein in der Kontrastfarbe gefärbtes Papier (die Bestimmung durch Mischung zum Komplementärgrau) und die Bestimmung durch Feststellung der Schwelle der Farbenempfindung bei Zumischung der betreffenden Farbe zu Grau, die ich nach O. B. Bull⁴ kurz *die Methode der Chromoptrien* nennen will. Die letztere Bestimmung verdient offenbar vorzugsweise *eine absolute Bestimmung* genannt zu werden. Doch ergibt auch diese nur unter gewissen Bedingungen *absolute Werte*, und die Auswahl der Bedingungen behält etwas recht willkürliches.⁵

¹ O. B. Bull, Studien über Lichtsinn und Farbensinn, Gräfe's Archiv Bd. 27, 1, p. 145—46.

² J. v. Kries, Über die Funktion der Netzhautstäbchen, Zeitschrift für Psych. und Phys. der Sinnesorgane. Bd. 9, p. 85.

³ Helmholtz, Handb. d. physiologischen Optik, 1867, p. 125 f.

⁴ Gräfe's Archiv Bd. XXVII u. XXIX.

⁵ Schon O. B. Bull hat gewarnt, *die Chromoptrie* nicht für eine Constante im physikalischen Sinne zu halten. Graefes Archiv XXIX, 3. p. 82—83. Es ist vielleicht

Die Papiere O. B. Bulls sind insofern vorzüglich, als sie annähernd gleiche Helligkeit und Farbenkraft besitzen.¹ Theils brauchte ich aber grössere Mengen von Papier als mir von diesen zu Gebote stand, theils brauchte ich entschieden mehrere Nüancen im Farbenton und *grössere Sättigungsgrade*, als die Oelpapiere von Bull aufzeigen, um die speziellen Eigenschaften jedes Tones frappanter heraus zu bekommen. Ist es demnach nicht möglich, mit Papieren von gleicher Helligkeit und Sättigung zu arbeiten, kann auch die Methode der Chromoptrien nicht so gehandhabt werden wie bei O. B. Bull. Bull geht von seiner Normalhelligkeit aus, und setzt auf der rotierenden Scheibe verschiedene Grade von seinen normalhellen Papieren hinzu. Wenn ich ein mitteldunkles Grau zu Grunde legen wollte, würde das Gemisch bald aufgehellt, bald verdunkelt werden, so dass *das Vergleichsgrau* dementsprechend für verschiedene Farben bald aufgehellt, bald verdunkelt werden müsste. Ich habe deshalb vorgezogen, möglichst helles Grau (weissen Karton) zu Grunde zu legen, einige Grade Farbe hinzuzusetzen, *und das Vergleichsgrau genau entsprechend zu verdunkeln*. Das hat, wenn die Helligkeiten der Papiere schon bestimmt sind, keine Schwierigkeit. Man hat dabei auch den Vorteil, dass die Chromoptrien (die Schwellenzahlen) grösser werden, die Unterschiede also auch grösser, die bei sehr gesättigten Farben und dunklem Grau nur gar zu leicht verschwinden. Übelstand ist bei dieser Methode, dass die Helligkeiten der Gemische für verschiedene Farben etwas variieren, wonach ja auch die Helligkeit des Vergleichsgrau sich richten muss; dadurch wird die Sättigung der hellen Farben etwas zu klein, die der dunklen etwas zu gross gefunden. Das ist so zu recompensieren, dass man abwechselnd *auch von Schwarz* ausgeht. Die gewonnenen Zahlen darf man jedoch nicht combinieren. Zur Controle geschlossener Versuchsserien wird man besser je nach Bedarf die durch Weiss und die durch Schwarz gewonnenen Chromoptrien zu benutzen haben.²

nicht überflüssig zu bemerken, dass *die Sättigung (die chromatische Energie)* überhaupt nicht als eine Constante, als absolute Grösse, zu behandeln ist. Das Verhältniss der chromatischen zur achromatischen Energie in einem gegebenen Gemisch ist bekanntlich von mehreren Faktoren abhängig; weshalb auch die Bestimmung der chromatischen Energie eine von mehreren Faktoren abhängige, also schwankende ist. Selbst Bull scheint überrascht, dass die beiden eben genannten Methoden ihm immer verschiedene Resultate gaben (p. 83—84). Das Gegentheil wäre merkwürdiger gewesen.

¹ Ich habe Versuche mit diesen Papieren angestellt, und sie haben das Hauptresultat der F. I schön bestätigt. Hierbei bringe ich Dr. Bull meinen herzlichen Dank sowohl für Überlassung von Papier als für seine mündlichen Mittheilungen.

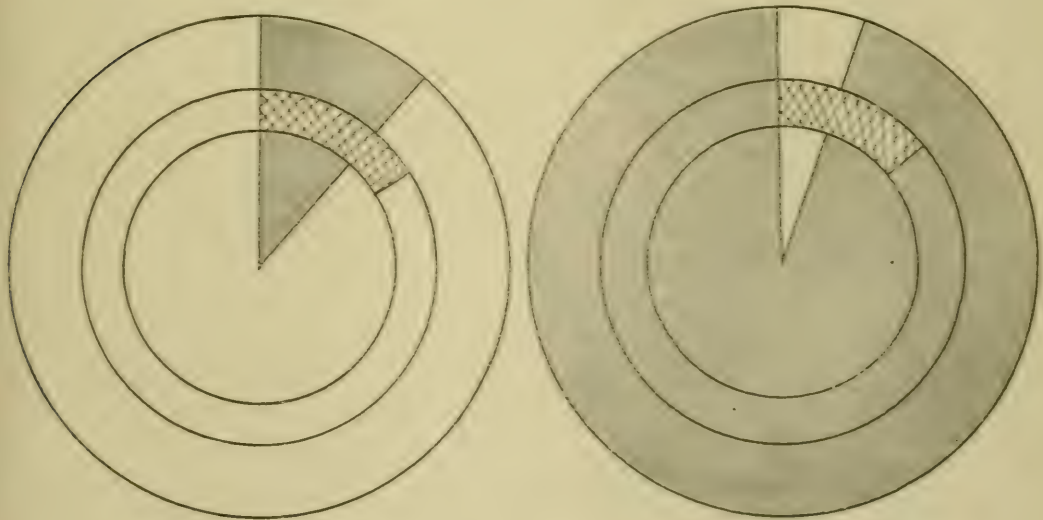
² O. B. Bull braucht wie gesagt ein dunkleres Grau. Er hat auch Weiss und Schwarz benutzt, und hat dabei einen Wechsel der Verhältnisse constatirt, welcher am besten zeigt, dass *die chromatische Energie* (die Sättigung) nicht als Constante behandelt werden kann (siehe unten p. 33).

Nach alledem ist auch die Bestimmung durch Chromoptrien eine relative. Noch weniger als bei der Helligkeitsbestimmung dürfen bei den Sättigungsuntersuchungen die für eine gegebene Grösse und Entfernung des beobachteten Feldes gewonnenen Zahlen auf eine andere übertragen werden.

b) Experimente über die Sättigung.

Ich hatte mir längst die Aufgabe gestellt, *die Induction* bei Variation der Sättigung und Helligkeit zu untersuchen (F. I. p. 8). Dafür brauchte ich Scheiben von folgenden Grössenverhältnissen: Innerer Kern 3,6 cm. Durchmesser, Ring 5 mm. Breite, äusserer Ring 1 cm. Breite. Diese Combination wurde meistens in ca. 5 m. Entfernung betrachtet (p. 15 f.). Um dabei den Vergleich zwischen verschiedenen Reihen besser anstellen, und den Einfluss der Sättigung sicherer isolieren zu können, habe ich zunächst versucht, die Chromoptrien, d. h. die Zahl der zu einer Farbenempfindung nötigen Grade des Pigmentpapiers *unter genau denselben Umständen festzustellen*. Da in den später folgenden Inductionsversuchen der innere Kern und der äussere Ring gleiche Farbe hatten, so waren nur zwei Reihen von Chromoptriebestimmungen nötig: eine für den 5 mm. breiten Ring in 5 m. Entf., eine für den übrigen Grund in derselben Entfernung.

Diese beiden Bestimmungen können sowohl von Weiss als von Schwarz aus vorgenommen werden.



Die Grösse der Netzhautbezirke sind, wenn eine Farbe im Ring und im Grunde geprüft wird, offenbar sehr verschieden. Die Ringbreite ist 5 mm., was in 5 m. Entf. einem Ringe von 1 mm. Breite in 1 m. Entf.

entspricht. Der Grund wird nicht einheitlich appericiert; wirkt aber aussen mit doppelter, innen mit mehr als doppelter Masse.

Aus diesen Verhältnissen sind schon vier von einander abweichende Zahlen für jede Farbe zu erwarten: infolge Prüfung mit Weiss im Ringe und im Grunde, infolge Prüfung mit Schwarz im Ringe und im Grunde. Ausserdem ist besonders zu unterscheiden der Punkt, wo das Gemisch überhaupt *als farbig* erscheint, und der, wo die betreffende hinzugefügte Farbe in ihrem eigenen Tone erkannt wird.

Zunächst die Untersuchungen bei Mischung mit Weiss. In den Rubriken A wird das farbiges Papier dem weissen Ringe zugesetzt, während ein genau entsprechendes Quantum Schwarz dem weissen Grunde zugesetzt wird. In den Rubriken B wird umgekehrt das farbiges Papier dem weissen Grunde, das Schwarz dem Ringe zugesetzt.

Tabelle I.

Rot I		Orange II		Gelb I		Farbe
A	B	A	B	A	B	
o	o	o		o	o	40°
o	o	?	Rötlich	o	o	60°
Gelblich	o	Gelblich	—«—	o	o	80°
—«—	Rötlich	—«—	—«—	o	o	100°
—«—	—«—	—«—	—«—	o	Gelblich	120°
Gelblich mit Orange	Deutliches Rot	Gelb		o		140°
—«—		Gelb gegen Orange		o		160°
—«—		—«—		o		180°
—«—		Orange mit Rot		o		200°
Rötliches Orange		—«—		Gelblich		220°
Gegen Rot		Mehr rötlich				240°
Orange Rot						260°
		Rot				280°

<i>Gelb II</i>		<i>Gelbgrün I</i>		<i>Gelbgrün II</i>		Farbe
A	B	A	B	A	B	
o	o	o	o	o	o	40°
o	o	o	Gelblich?	o	o	80°
o	o	Bläulich	Gelb	o	o	100°
o	Gelb	Blau	Gelbgrünlich	Grünliches Blau	o	120°
Gelb		—«—	Gelbgrün	—«—	o	140°
		Deutliches Blau	Deutliches Grün	Bläuliches Grün	o	160°
		—«—				180°
		—«—			Grünlich	200°
	Blaugrün				240°	

<i>Blau I</i>		<i>Blau II</i>		<i>Indigo</i>		Farbe
A	B	A	B	A	B	
o	o	o	o			40°
o	o	o	o			80°
o	o	o	Blau	o	o	100°
?	o	o				120°
?	o	o		o	Blau (K. M.)	140°
?	o	Violet		o	o (G. M.)	160°
Blau	Blau	Violet		o	o (G. M.)	180°
		Violetblau		o	Blau (G. M.)	200°
				o		220°
				Blau (K. M.)		240°
				Blau		260°
				Blau (G. M.)		300°

<i>Violet I</i>		<i>Purpur I</i>		<i>Purpur II</i>	Farbe
A	B	A	B	B	
				o	40°
				o	80°
o	o	o	o	o	100°
				o	120°
o	o	o	o	Rötlicher Schimmer	140°
				—«—	160°
o	Rosa	Gelb	Roth	Deutliches Roth	180°
o	—«—	—«—	—«—		200°
o	—«—	—«—	—«—		220°
o	—«—	Orange	Rosa		240°
Gelb	Rot				260°
Gelbbraun					300°
Braun	Purpur				320°
Rotviolet					340°
Purpur					360°

Zunächst bemerken wir in der vorstehenden Tabelle das auffallende Ergebniss, dass die in Bezug auf Syncrasiewirkung (nach F. I.) stärksten Papiere in Bezug auf chromatische Energie als die schwächeren dastehen.

Ich will das Ergebniss noch einmal zusammenstellen.

Tabelle II.

	Farbig erkannt		Im Ton erkannt	
	Im Ring	Im Grund	Im Ring	Im Grund
Rot I	80°	100°	260°	140°
Orange II	80°	60°	220°	
Gelb I	140°	120°	140°	120°
Gelb II	140°	120°	140°	120°
Gelbgrün I	100°	80°	240°	120°
Gelbgrün II	120°	200°	160°	200°
Blau I	180°	180°	180°	180°
Blau II	180°	100°	180°	100°
Indigo	240°	140°	240°	140°
Violet I	260°	180°	360°	320° ?
Purpur I	180°	180°		
Purpur II		140°		180°

Wie man aus den Tabellen sieht, stellt sich das Sättigungsverhältniss derselben Papiere verschieden in jeder der vier verschiedenen Reihen. Indessen besteht auch offenbar eine gewisse Hauptregel. Rot, Orange und Gelbgrün sind die farbenstärkeren Papiere, Indigo, Violet und Purpur die bei weitem schwächeren.

Was die Ursache des verschiedenen Verhältnisses sein mag, ist nicht ganz leicht zu entscheiden. Was die Auffassung des Farbentones betrifft, wird sie in der Entsättigung durch das zugemischte Weiss gesucht werden können. Es ist ausser Zweifel, dass die verschiedenen Farben durch Zumischung selbst von *einem neutralen Grau* verschieden beeinflusst werden. Dieses Faktum wird schon durch die folgende Untersuchung bei Mischung mit Schwarz bestätigt, und wird unten durch weitere Belege gestützt (p. 33). Zweitens können die Farben durch die Beschränkung ihrer Netzhautbezirke verschieden beeinflusst werden (Störungen durch *Macula lutea* u. ähnliches).¹ Das würde wesentlich für das Verhältniss zwischen den Rubriken A und B (Tab. I. von Bedeutung sein.

¹ Schwankungen der Farbentöne nach der Grösse ihrer Netzhautbezirke sind von mehreren beobachtet; z. B. von Aubert und O. B. Bull. Ich halte wegen der von mir gefun-

Endlich kann auch die verschiedenartige Dispersion der homogenen Strahlen im Auge auf das Resultat einen erheblichen Einfluss üben. Aus dem letzten Grunde halte ich die Bestimmungen in der Nähe für mindestens gleichwertig mit denjenigen, die bei gleicher Bildgrösse wie die Inductionsbestimmungen ausgeführt sind, während diejenigen Ergebnisse, die nach diesen beiden Methoden gewonnen werden, die sichersten sind.

Ich habe Rot II, Orange III, Gelbgrün II und Indigo II in der Nähe untersucht,¹ in ganzen Scheiben von 12 cm. D. M., Entf. 1,5 m., und es hat sich gezeigt, dass im Durchschnitt als farbig erkannt wird:

Rot II bei 10°, Orange III bei 17°, Gelbgrün II bei 26°, Indigo II bei 40°

und im Tone erkannt wird:

Rot II bei 25°, Orange III 90°, Gelbgrün II 45°, Indigo II 210°.

Auf die Bedeutung dieser Abweichung von dem Resultate in den obigen Tabellen werde ich später zurückkommen. Vorläufig notieren wir nur, dass das Indigopapier sowohl in der Nähe wie in der Ferne unterlegene Energie beweist.

Die Sättigung bei Schwarz gemessen.

In den vorigen Tabellen ist die Gradezahl der Chromotropien so bestimmt, dass jede Farbe in der grössten für sie, bei dieser Rotationsvorrichtung, herzustellenden Helligkeit gezeigt und erkannt wurde. Mischt man die Farbe (in minimaler Gradezahl) mit Schwarz, wird umgekehrt jede Farbe in der kleinsten für sie herzustellenden Helligkeit erkannt. Letztere Untersuchungen habe ich für einige Farben in 5 m. Entf. angestellt, und zwar so, dass die Farbe dem Grunde (innerem Kern, äusserem Ring) zugesetzt wurde. Hier die Ergebnisse. Beobachter Prof. G. Martius.

denen Schwankungen dafür, dass bei derartigen Untersuchungen die Farbe mit möglichst dunklem Schwarz (Höhlenschwarz) gemischt und auf ähnlichem Schwarz gezeigt werden darf, und dass ausserdem der Dispersion (etwa durch Linsenverkleinerung) entgegen gearbeitet werden muss. Ohne solche Maassregeln können die Werte, die man gewinnt, allerdings nicht zu Bestimmung «der physiologischen Farben» dienen (O. B. Bull. Gräfe's Archiv, Bd. XXVII, I, p. 90 ff.).

¹ Im Winter 96—97 im physiologischen Institute des Herrn Professor *Torup* zu Kristiania.

Tabelle III.

<i>Rot I</i>	<i>Orange III</i>	<i>Gelb II</i>	<i>Gelbgrün II</i>	<i>Indigo II</i>	<i>Violet</i>	<i>Purpur</i>	Farbe
o	Violet-blau	o	o	o	Bläulich?	Spur Violet	3°
o	Violet	o	o	o			4°
							5°
Purpurnes						Violet	6°
	Deutliches Purpur	Rötliches	Blau	o			8°
			Grün-gelb	o	Spur Violet?		10°
Purpur	Noch röther	Gelblich					13°
				Blau	? „ ?		15°
			Bläulich-Grün				17°
Mehr rot	Wie oben				Sicheres Spur Violet		28°

Das Verhältniss hat sich hier offenbar zum Vorteil der kurzen Wellen verschoben. Das sieht man am besten an dem Verhältnisse zwischen Rot und Purpur. Oben war Purpur 2,25 mal *schwächer*. Hier ist es etwa 2 mal *stärker*.

Damit stimmen die Messungen in der Nähe (Scheibe 12 cm., Entf. 1,5 m.), die ich im physiologischen Institute zu Kristiania gemacht habe.

Bei diesen wurde als farbig erkannt:

Gelbgrün II bei 2°, Orange III bei 3°, Rot II bei 5°, Indigo II bei 15°, und im Ton erkannt:

Gelbgrün II bei 2°, Orange zwischen 7° und 180° (!), Rot II bei 35°, Indigo II bei 18°.

Zusammen die Zahlen für Mischung mit Weiss (W) und mit Schwarz (S).
Als farbig erkannt:

Tabelle IV.

	<i>Rot II</i>	<i>Orange III</i>	<i>Gelbgrün II</i>	<i>Indigo II</i>
W. . . .	10°	17°	26°	40°
S. . . .	5°	3°	2°	15°

Im Ton erkannt:

Tabelle V.

	<i>Rot II</i>	<i>Orange III</i>	<i>Gelbgrün II</i>	<i>Indigo II</i>
W. . . .	25°	90°	45°	210°
S. . . .	35°	? bis 180°	2°	15°

Offenbar gewinnen die kurzwelligen Lichter, Grün und Indigo durch die Mischung mit Schwarz am meisten. In der Tabelle V kommt dies zu unmittelbarer Darstellung. In Tabelle IV wird es auffallender, wenn man weiss, dass 5° (bis 30°) Rot als *Violet erscheint*.

Bedenkt man, dass die physikalische Massenwirkung (die Amplitude) der blauen Lichter ausserordentlich viel kleiner ist als die der rothen, wird meine in F. I. p. 13—14 ausgesprochene Vermuthung bestätigt: dass die kurzwelligen Lichtstrahlen in Bezug *auf nervöse Erregung* überlegene Energie besitzen; dass bei grossen Amplituden diese Verschiedenheit zurücktritt, während sie bei Abnahme der Amplituden hervortritt. Dass diese Sachlage für die Inductionssyncrasie, wo es sich um geringe Strahlenmengen handelt,¹ von Bedeutung sein muss, glaube ich entschieden.

Indessen reicht dies Verhältniss nicht, wie ich früher glaubte, zur Erklärung aus. Selbst bei der Schwarzprüfung zeigt sich das Indigopapier als weniger farbenstark wie die übrigen Papiere, während es in Bezug auf Inductionssyncrasie sich absolut überlegen zeigt.

¹ Conf. Helmholtz, Physiologische Optik, p. 126—136.

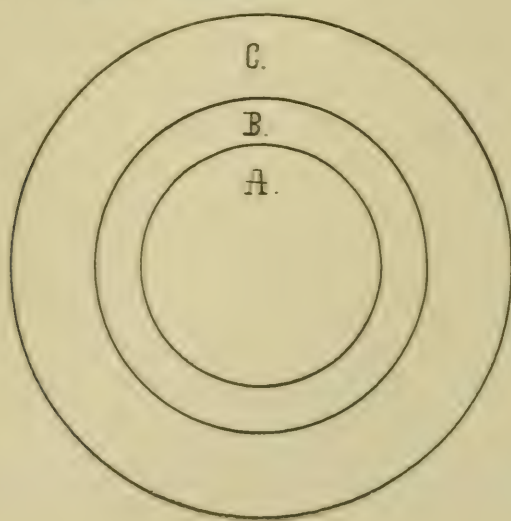
§ 3. Syncrasie. Vergleichende Versuche mit den gesättigten Papieren.

Die Versuche, qualitativ verschiedene Mischungswirkungen zu messen und zu vergleichen, sind schwer. Nun giebt es aber glücklicherweise für jede als Induzenden geprüfte Farbe nur zwei qualitativ verschiedene Inductionswirkungen, die eine nach rechts, die andere nach links, auf das Bild des ausgebreiteten Spektrums bezogen. Gemeinsame Grenze dieser zwei Inductionswirkungen ist prinzipiell die Complementärfarbe des Induzenden, in Praxis wird es zwei Grenzen geben, eine auf jeder Seite der Complementärfarbe, und zwar etwa in der Mitte zwischen dieser und dem geprüften Induzenden.¹

Auch diese Grenzen erreicht die Inductionsmischung kaum. Offenbar ist nämlich die qualitative Verschiebung der Induzendfarbe anfangs um so grösser, je weniger der Inductor ihr verwandt ist, je verschiedener die Farbe, die ihr durch Induction zugemischt wird. Sobald sich aber dann der Inductor dem Complement des Induzenden nähert, tritt die entsättigende Wirkung vor der färbenden in den Vordergrund, oder macht sogar letztere unbemerktlich.

Es wäre demnach zu erwarten, dass jede als Induzend geprüfte Farbe zwei Maxima der Inductionswirkung erlitt, bei zwei bestimmten Inductoren, und zwar würden diese Maximalinductoren, genau so wie die Complementärfarbe, durch die Induzendfarbe, sc. durch die Entfernung von dieser im Spectrum, bestimmt sein. Dass *verschiedene Induzenden* gemeinsamen

¹ Der Induzend ist bei diesen Untersuchungen der oben beschriebne Ring (B). Inductor ist A und C in der beigelegten Zeichnung.



Maximalinductor haben sollten, ist nach unseren bisherigen Überlegungen nicht oder nur bei *sehr gesättigten* Inductoren zu erwarten.

Die Versuche fallen indessen anders aus.

Die Scheiben wurden in 4,5 m. Entfernung vom Herrn Prof. Martius in Bonn beobachtet.¹ Die Breite des Ringes (des Induzenden), 5 mm., entspricht also etwa 1 mm. in 1 m. Entfernung. Es wurde für jeden Induzenden *eine Reihe von Inductoren geprüft*, und zwar so, dass der Induzend immer gleichzeitig auf zwei verschiedenen, benachbarten Inductoren gezeigt wurde, von denen der eine zugleich in den vorhergehenden, der andere zugleich in den folgenden Versuch als Inductor einging. Ausserdem wurden Controlversuche gemacht, wo jedem farbigen Inductor ein gleich heller grauer Inductor zur Seite gestellt wurde, damit man genau wisse, ob man jedesmal mit Syncrasieinduction oder Contrastinduction zu thun habe.

Als Resultat hat sich ergeben, dass Indigo II (Heringsches Papier) als Inductor das eine Maximum der Syncrasiewirkung erzielt für folgende Induzenden:

für Rot II (Heringsches Hochrot) (!)

« *Gelb II.* (Hier kann aber überhaupt nur enorme Entsättigung constatiert werden.)

« *Orangegelb II.* (Etwas gelber als Herings.)

« *Gelbgrün II* (Heringsches) (!)

« *Blaugrün III* (Heringsches) (!)

Die Zeichen (!) bedeuten, dass das Maximum gegen das Violet II hin schwankt. Von der Strecke Indigo bis Violet gehen also die maximalen Syncrasiewirkungen aus. Bei Gelbgrün II und Blaugrün II scheint Violet II eher die stärkste Induction zu wirken, besonders tritt das in 7 m. Entf. hervor. Bei Rot II steht es in 4,5 m. Entf. ebenso, hier geht aber in 7 m. Entf. Indigo voran. Für das Hauptresultat sind diese kleinen Schwankungen belanglos. Man beachte, dass die Complementärfarben der hier untersuchten Induzenden von Grün über Indigo-Violet bis ins gelbliche Orange wandern. Dem gegenüber diese Constanz des einen Maximalinductors.

Für jeden Induzenden gab es aber zwei Richtungen der Syncrasie, also auch zwei Maximalinductoren.

Für Orangegelb I giebt es Spur von einem zweiten Maximum *bei Gelbgrün II.*

« *Rot II* ebenso *bei Gelbgrün II.*

¹ Auch näheres Herantreten und weiteres Zurücktreten des Beobachters wurde versucht. Davon später.

Für Blaugrün III liegt das zweite Maximum bei Gelb II.

« Gelbgrün II bei Rot II oder Orange I.

« Gelb II bei Gelbgrün II.

Entsprechend habe ich für Indigo als Induzend nur eine schwache Spur Rotinduction bei Orange III, und keine Grüninduction constatieren können. Für Violet II fand ich keine klare Syncrasie, sondern nur Contrastinduction.

Diese Constanz des einen Maximum reicht hin, um die Sonderstellung der Strecke Indigo-Violet (siehe die Curven der F. I.) völlig zu bestätigen. Hinzufügen kann ich, dass jedesmal nur das Blau-Violet-Maximum sich als ein kräftiges geltend machte, die andere Syncrasie manchmal so verschwindend war, dass man die Nullen mitrechnen musste, um überhaupt von Maxima der Syncrasie reden zu können.

Wie wir in den folgenden Versuchen sehen werden, ist der Farbencontrast von der Helligkeit sehr abhängig. A priori kann ich nicht wissen, wie gross die Rolle ist, welche die latente Contrastwirkung bei den Syncrasieergebnissen spielt. Um nun in den obigen Resultaten den Factor der Helligkeit zu eliminieren, habe ich eine Reihe von Beobachtungen so ausführen lassen, dass in dem Inductor (dem Grunde) von jeder Farbe statt 360° nur 90° war. Die übrigen 270° wurden aus Schwarz und Weiss so zusammengesetzt, dass die farbigen Inductoren bei demselben Induzenden alle gleiche Helligkeit hatten, und zwar eben die eigene Helligkeit des Induzenden. So wurden drei Induzenden, Rot II, Gelb II und Orange III geprüft. Die Helligkeit der Inductoren war demnach bei Induzend Rot II 60° w., bei Gelb II 215° w., und bei Orange III 140° w. Für Orange III und Rot II war das eine Maximum bei Indigo, das andere bei Gelb II. Für Gelb II war eine ausserordentliche Entsättigung bei Indigo und Violet, eine zweite Syncrasiewirkung bei Gelbgrün II zu beobachten.

§ 4. Aufhellung und Verdunkelung.

Bei den in der «Farbeninduction» beschriebenen Experimenten war es mir aufgefallen, dass die Verdrängung der zu erwartenden Syncrasieinduction durch Contrastinduction von dem Helligkeitsverhältnisse zwischen Inductor und Induzend abhängig schien (F. I. p. 9). Es war deshalb eine Isolierung dieses Factors wünschenswert (F. I. p. 8).

Ich habe nun eine grosse Zahl von Untersuchungen ausgeführt, in denen die Versuchsanordnung so war wie bei dem eben besprochenen

direkten Vergleichen, nur dass der farbige Grund (der Inductor) aufgehellt und verdunkelt wurde.

Zuerst ist zu sagen, warum bei diesen Untersuchungen eine ganz direkte Messung unausführbar ist. Die Änderungen, welche eine Farbe durch Syncrasie seitens einer anderen erleidet, sind von so eigenthümlicher Art, dass sie sich durch Rotationsmischung der zwei benutzten Farben nicht nachmachen lassen.

Erstens scheint oft der Mischungseinfluss ein *einseitiger* zu sein. Der Induzend ist beeinflusst, der Inductor scheint häufig unberührt. Ist dem wegen der Dispersionsverhältnisse wirklich so, dann ist es natürlich, dass *ein hellerer Induzend* durch Syncrasieinduction seitens eines dunkleren Inductors *nicht verdunkelt, sondern aufgehellt wird*. So steht es in der That mit Hellgrün und Indigo.¹ Mischt man aber durch Rotation diese zwei Farben, erhält man selbstverständlich ein Product, dunkler als die hellere Farbe unter den Componenten.

Von dieser Überlegung aber abgesehen, ist zu bemerken, dass bei meinen Inductionsuntersuchungen Syncrasie und Contrast immer in Kampf mit einander liegen (F. I. p. 13). Der Übergang von dem einen zu der anderen schien schon in den Kurven der F. I. sehr merkwürdig.

Als Grundgesetz der von mir beschriebenen Syncrasieinduction kann aber gelten, dass *die Helligkeiten sich scheinbar nicht mischen, sondern kontrastieren*. Wenn die Entfernung des Beobachters so gross wird, dass *die Helligkeiten* von Inductor und Induzend sich zu mischen scheinen, und keinen Contrast mehr hervorrufen, dann sind wir der totalen *«Juxtapositionsmischung»* ganz nahe gekommen, und über das Gebiet der eigentlichen Inductionswirkungen hinaus.

Am auffallendsten ist diese Passivität in Bezug auf Syncrasie bei reinem Schwarz, welches durch Induction weder entsättigen, noch verdunkeln kann.

Aber auch Weiss hat in keinem von mir beobachteten Falle durch Syncrasieinduction aufhellend gewirkt. Da an der Addition, resp. Subtraction von Strahlen in diesen Fällen nicht gezweifelt werden kann, so ist als Gesetz anzusehen die Regel, dass der Helligkeitscontrast von intensiverer Art ist als der Farbencontrast. *Bei Induction zwischen Helligkeiten siegt deshalb leichter und länger der Contrast als bei Induction zwischen Farben*.

Indessen ist die praktische Folge dieser Regel, dass die Syncrasieinduction eigenartige Resultate giebt, welche nicht leicht durch Rotation

¹ Es erscheint also der hellgrüne Ring auf Indigo heller als auf entsprechendem Dunkelgrau oder Schwarz.

nachgemacht werden können. Die Syncrasie ergibt Producte von einer Helligkeit, die sonst, bei gleicher Sättigung, nicht zu erzielen ist.

Ich habe deshalb auch diesmal meine Zuflucht zu der Bestimmung der resultierenden Farbe mit Hülfe des Systems der bunten Farbenproben der F. I. genommen. Dabei habe ich die aus verschiedenen Reihen gewonnenen Ergebnisse nachträglich kombiniert. Es ist mir aufgefallen, wie viele Täuschungen sich aus Sättigungs- und Helligkeitsverhältnissen einstellen. Diese ganze Methode ergibt, richtig gehandhabt, freilich recht sichere, aber grobe Resultate, und lässt die feineren Änderungen unberücksichtigt. Ich erwähne die Resultate dieser Reihen erst später.

Zunächst die Experimente, wo ich bei konstantem Farbenton und konstantem farbigen Sector des *Inductors* dessen Helligkeit innerhalb der dadurch gegebenen Grenzen variierte.

Solche Experimente habe ich für Orange III (Heringsches) als Induzend ausgeführt.

Die Resultate ergaben nicht eine absolut eindeutige Function der Helligkeit, aber doch eine ausgeprägte Grundregel: *Die Syncrasie nimmt ab, resp. der Contrast nimmt zu, bei steigender Helligkeit des Inductors.*¹

Diese Grundregel ist als eine Contrastregel anzusehen, kann aber unter Umständen von den Syncrasiegesetzen (durch falschen Contrast) unterstützt werden.

¹ Die Versuchsanordnung war hier folgende: Als Induzend ein Ring ganz aus Orange III, 5 mm. breit. In dem Inductor oder dem Grunde waren 120° von irgend einer *Farbe*, die übrigen 240 Grade wurden von 240° *Schwarz* bis zu 240° *Weiss* allmählich aufgehellt. (Stufen: 0° Weiss, 40° W. 80° W. 120° W. 160° W. 200° W. 240° W.). Bei Grund Gelb II (Hering) erschien das Orange etwas gelblich. Die Syncrasie nahm ab und der Contrast nahm zu kontinuierlich von 0° Weiss bis 240° Weiss. Genau ebenso wenn Inductor (Grund) Gelbgrün II (Hering) und Blaugrün II (Hering) war; auch bei Indigo als Inductor. Bei Violet als Inductor nahm die Syncrasie ab, bis die Helligkeiten des Inductors und des Induzenden etwa gleich waren, bei steigender Helligkeit des Inductors aber wieder zu.

Von Purpur II (Hering) ging zunächst (bei 240° Schw. bis 160° Schw.) eine anscheinend steigende Syncrasieinduction aus. Als die Helligkeit des Inductors dann aber grösser wurde als die des Induzenden, nahm die Syncrasie ab oder ging in Contrast über. Bei Rot II (Hering) als Inductor nahm ganz umgekehrt der Contrast mit der Aufhellung stetig ab.

An die durch Gelb, Gelbgrün, Blaugrün, Indigo und Purpur festgestellte Grundregel, dass bei steigender Helligkeit die Syncrasie abnimmt, der Contrast zunimmt, ist nach diesem sehr einfachen und sicheren Experimente nicht zu zweifeln, um so weniger, als sie durch die folgenden, weniger einfachen Experimente bestätigt wird. Die Abweichungen bei Violet II (Hering) und Rot II (Hering) könnten wohl durch die Dispersionsgesetze zu erklären sein. Eine ähnliche Erfahrung wurde früher mit Orange und hellem Rosa gemacht. (Tafel II der F. I.) Zur Sache siehe unten p. 29. Die Beobachtungen wurden auch hier immer in 5 Meter Entfernung gemacht. Beobachter war in dieser Reihe Hr. cand. C. Deetjen.

In diesen Experimenten war ich nicht bestrebt, die Schwelle der Syncrasiewirkung zu finden, vielmehr war die Farbenmasse ja konstant (120^0). Dieses habe ich dann mit Gelbgrün II (Heringsches) als Induzend versucht, und zwar teils vom Inductor Schwarz, teils vom Inductor Grau, der in Helligkeit dem zu prüfenden farbigen Inductor gleich war, teils vom Inductor Weiss ausgehend.

Da die Energie der vorkommenden Blaupapiere (wie auch die der blauen Strahlen im Spektrum) sowohl in Bezug auf Helligkeit als in Bezug auf Sättigung (Chromoptrien) geringer ist als die der gelb-roten, gelingt es in dieser Weise nicht, eine Darstellung der überlegenen Blausyncrasie *direkt* zu erzielen. Trotzdem enthält die Untersuchung lehrreiches.

Bei Mischung mit Schwarz stellen sich die Schwellen einer merkbaren Syncrasieinduction auf Gelbgrün folgendermassen: für Rot II 15^0 ; für Orange III 20^0 ; für Gelb II 25^0 ; für Indigoblau 10^0 ; für Violet II 45^0 ; und für Purpur gab es keine farbige Syncrasie.

Schon diese Zahlen zeigen, wenn man das Chromoptrieverhältniss berücksichtigt, eine mehr als doppelt so grosse Syncrasiewirkung von Indigoblau wie von irgend einer anderen Farbe.

Bei Mischung mit Weiss stellen sich die Schwellen so: für Rot gegen 360^0 (und auch so zweifelhaft), für Orange 60^0 , für Gelb 270^0 , für Indigoblau 80^0 , für Violet 100^0 , für Purpur keine Syncrasie, nur Contrast.

Alle diese Bestimmungen gelten für einen Induzend-Ring von 5 mm. Breite, in 5 Meter Entfernung.

In der letzten Reihe liegen die Helligkeitsverhältnisse zwischen Inductor und Induzend so, dass Contrastinduction nahe gelegt ist. Das Verhältniss zwischen Orange (60^0) einerseits, Rot (360^0) und Gelb (270^0) andererseits bestätigt die in der F. I. ausgesprochene Regel, dass in der nächsten Nähe einerseits des Induzenden, andererseits seiner Complementärfarbe, die Contrastinduction stärker ist als in den mittleren Strecken (F. I. p. 9).

Schon diese Schwellenbestimmungen geben, mit den Chromoptriebestimmungen zusammengehalten, dem Indigoblau einen relativen Vorzug, lassen uns aber die volle Überlegenheit *des gesättigten* Indigopapieres nicht erraten.¹

¹ In welchem Maasse diese Bestimmung ungenügend ist, zeigen Experimente, die ich im physiologischen Institute des Herrn Professor Mosso in Turin auszuführen Gelegenheit hatte. Bei den ersten Versuchen mit gelbem, gewöhnlichem Gaslicht war die Schwelle für rot und orange bedeutend niedriger als für Indigo und Violet. Es erschien mir dann zweckmässiger, mit dem grünen Glühlicht (Auer) zu arbeiten. So ergab sich bei Gelbgrün als Induzend für Rot II und für Indigo II bei maximaler Beleuchtung von Schwarz ausgehend dieselbe Schwelle der Syncrasieinduction, nämlich 20^0 (Entfernung

Die Untersuchungen, bei denen unter Aufhellung und Verdunkelung der Grad der Induction durch Farbenproben festgestellt werden sollte, und die in nur gar zu umfangreicher Weise angestellt wurden, *bestätigen in der Hauptsache für jeden beliebigen Helligkeitsgrad die Resultate, die in den Kurven der «Farbeninduction» ausgedrückt sind*, doch so, dass der Wechsel von Syncrasieinduction zu Contrastinduction bei verschiedenem Inductor nur für eine gewisse (grössere) Helligkeit gilt. Bei recht dunklen Inductoren gab es überhaupt in ca. 5 m. Entf. keine Contrastinduction. *Andererseits geben Indigo und Violet in beliebiger, auch grösster Helligkeit, nie Contrast, nur Syncrasie.* Ich verarbeite dieses Material nicht zu Curven, weil es mit den Curven in F. I. verglichen, zu wenig Neues enthält.¹

der Lichtquelle 0.40 Meter). Bei geringerer Beleuchtung (Lichtentfernung 2 Meter) trug Indigo den Sieg davon (mit der Schwelle 45° gegen Rot 140°). Geeigneter, Aufschluss über das Verhältniss der ungesättigten zu den gesättigten Gemischen zu geben, war die Prüfung mit Induzend Orange III, weil dies durch Syncrasie mit Indigo und mit Rot in gleicher Richtung beeinflusst wird. Die Schwelle war hier für Indigo höher (45°) als für Rot (20°). Trotzdem war die Wirkung von 360° Indigo viel intensiver als die von 360° Rot. Hier stelle ich die interessanten Ergebnisse für Induzend Orange III hin:

bei Inductor 20° Rot			bei Inductor 20° Indigo (mehr orange).		
« — 90°	«	röter als	« — 90°	«	
« — 180°	«	gleich wie	« — 180°	«	
« — 360°	«	weniger rot als	« — 360°	«	strahlend rot.
		gelblich weiss und			

Lichtentfernung 0.4 Meter Bei Lichtentf. 2 Meter war die Gleichheit schon bei 20° vorhanden, der Sieg des Indigo schon bei 90° völlig, sonst genau dasselbe Schauspiel. Entfernung des Beobachters 4 Meter.

Dieser Übergang ist gewiss sehr beachtenswert. Er zeigt uns, dass wir ohne vergleichende Heranziehung der genau bestimmten Chromoprien, vielleicht darf man auch sagen: ohne Anwendung von gleich hellen Papieren, uns wenig auf die Schwellenbestimmungen der Syncrasiewirkung verlassen können. Es ist deshalb in den obigen einfachen und verhältnissmässig sicheren Schwellenuntersuchungen gewiss nicht die ganze Überlegenheit der Blausyncrasie zum Ausdruck gekommen.

Die hier besprochenen Experimente wurden ursprünglich ausgeführt, um den Einfluss der verschiedenen Beleuchtungsintensität festzustellen (F. I. p. 10).

Es hat sich innerhalb der geprüften Grenzen gezeigt, dass Indigo bei sinkender, Rot bei steigender Beleuchtung relativ gewinnt.

Genau so wie Indigo verhielt sich in allen Stücken (dem Rot gegenüber) das Violet II.

Damit keiner etwa glaube, die Helligkeit des Rot sei Schuld an der verhinderten Syncrasieinduction, stellte ich endlich Induzend Orange auf 360° Rot gegenüber einem Orange auf dem gleich hellen entsättigten Inductor 315 Indigo + 45° weiss. Aber auch dieses Indigo trug den Sieg davon.

¹ Allerdings ist mir bei diesen Experimenten aufgefallen, dass die Contrastwirkung nicht bloss peripherischer, sondern auch zentraler Art sein kann, sc. dass zur Contrastwirkung sich eine «Urteilstäuschung» leichter gesellt, als zur Mischungswirkung. Darüber werde ich wohl ein anderes Mal neue Experimente bringen.

§ 5. Messung der Syncrasieinduction.

Der Versuch, ein Maass der Syncrasieinduction zu finden, stösst auf oben beschriebene Schwierigkeiten (p. 18). Ich habe bei diesem Versuch die Inductoren in ihrer vollen Energie (360° Farbe) wirken lassen. Dann habe ich mich nicht mit einer Entfernung des Beobachters von 5 m. begnügt, weil dabei von sehr wenigen Farben Syncrasie erzielt wurde; in 6,5 Meter wurden einige Messungen so ausgeführt, dass ein Stück von einem 5 mm. breiten Ringe von der Farbe des Inductors dem 5 mm. breiten Ringe des Induzenden durch Rotation zugemischt wurde. Diese Mischung wurde auf *Grau* von der Helligkeit des Inductors gezeigt, und als Vergleichsreiz der Combination: Induzendring auf farbigem Grunde (Inductor) zur Seite gestellt. Wo nötig, wurde dieser Induzend durch einen Ring von Weiss oder Schwarz entsättigt, um in Helligkeit und Sättigung dem Rotationsgemisch näher zu kommen.

Dabei erwies sich die Syncrasiewirkung von Violet II *auf den orange-farbigen Induzenden* etwa gleichwertig mit einem Zusatz zu dem orangefarbenen Vergleichsring von 245° Violet II.

Diejenige von Indigo II etwa = 320° Indigo II.

Diejenige von Gelb II etwa = 180° Gelb II.

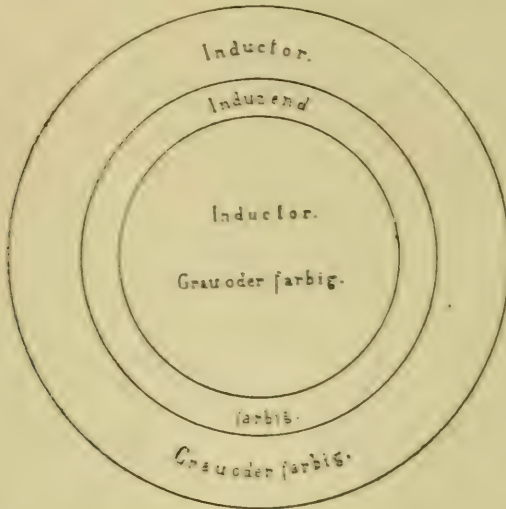
Von Rot und Purpur war keine Syncrasieinduction zu erzielen.

Ähnliche Werte erhält man mit einem gelbgrünen Induzenden. Ich liess beide Ringe (reinen Farbenring auf farbigem Inductor und gemischten Farbenring auf neutralem Inductor) in derselben Entfernung beobachten, damit keiner etwa meine, die Resultate beruhen auf Änderungen der Farbentöne durch Entfernung und durch Intensitätsschwäche. Man wird aber besser thun, zur Vergleichsscheibe eine grössere Farbenmasse, in der Nähe beobachtet, zu benutzen.

Übrigens überzeugt sich der Leser am besten selbst von dem Grade der Indigosyncrasie, wenn er Gelegenheit hat, sich 5 mm. breite Streifen von Orange und Grün zu schneiden, und auf gelbem, rotem, indigo-farbigem und dunkelgrauem Papier aufzuhängen. Er sehe dann bei nicht zu schwacher (und nicht künstlicher) Beleuchtung diese Streifen aus 5 Meter Entfernung an. Es bleibt eine methodologische Frage, die von der Theorie abhängt, ob nicht der Streifen *auf absolutem Schwarz* (Höhlenschwarz) richtiger zum Vergleiche angewandt wird, als der Streifen auf Grau (§ 10). Wenn diese Regel befolgt wird, tritt die Blausyncrasie in noch stärkeres Licht.

§ 6. Einseitige Syncrasie.

Einseitige Syncrasie nenne ich die bei der oben (p. 15) beschriebenen Vorrichtung erhaltene Syncrasie, wenn der innere Kern *oder* äussere Ring (des Inductors) neutral (grau oder schwarz) gelassen wurde.



Es wurde bei dieser Untersuchung keine Entsättigung des farbigen Teiles des Inductors versucht.

War der Beobachter *nur 1 Meter entfernt*, so zeigte sich an dem Induzenden Gelbgrün keine Syncrasieinduction von irgend einer Farbe, wenn der innere Kern schwarz war. (Dagegen ergaben *bei doppelseitiger* Farbeninduction Indigo II und Violet II *schon deutliche Syncrasie*). Orange III dagegen ergab *bei einseitiger Induction* (von aussen) *deutliche*, *bei doppelseitiger Induction unsichere Contrastwirkung*. Auch Gelb II ergab stärkeren Contrast bei einseitiger als bei doppelseitiger Induction.

Schon in 2 Meter Entfernung ist der durch *Violet II* einseitig (von aussen) induzierte Grünring (dem doppelseitig induzierten ähnlicher als dem auf Schwarz allein gezeigten Grün. Der durch *Indigo II* einseitig induzierte Grünring steht zwischen beiden anscheinend in der Mitte. *Orange III* wirkt doppelseitig Contrast, einseitig aber noch stärkeren Contrast, *Gelb II* ebenso.

In 3 Meter Entfernung ist die einseitige Contrastwirkung von Gelb II nicht mehr zu konstatieren, und die doppelseitige ist in Syncrasiewirkung übergegangen. Bei Zurücktreten *bis 9 Meter* schien von doppelseitig appliziertem Orange auch Syncrasiewirkung geübt zu werden. Bei einseitiger Anwendung von Orange und Gelb war keine Farbe im Induzenden

erkennbar, dagegen war bei *Violet II* und namentlich bei *Indigo II* das einseitig induzierte Grün dem doppelseitig induzierten *im Ton gleich* (= hellblau).

Weitere Prüfungen mit Gelbgrün I und einem anderen Indigopapiere haben gezeigt, dass *die induzierende* Farbenmasse sehr gering sein kann, und dass der Grad der Syncrasie in weit höherem Maasse von der Ausdehnung *des Induzenden* abhängig ist. Zunächst zeigte sich, dass bei Beobachtung der Scheibe aus der Nähe die Syncrasie mehr vom inneren Kern abhängig war, in der Entfernung mehr vom äusseren Ring.

Es zeigte sich in der Kombination: innerer Kern, R. 1,8 cm. Schwarz; innerer gelbgrüner Ring 1,5 cm. breit (Radius 3,3), äusserer Indigoring 0,5 cm. breit (Radius 3,8), das Gelbgrün stärker blaufärbt als ein Gelbgrün von 2 cm. Breite (Radius 3,8 cm.) durch einen Indigoring von 3,5 cm. Breite (Radius 7,3). Dies gilt für Entfernungen von 6—10 Meter; nachher kehrt sich das Verhältniss zwischen diesen zweien um.

Die grösste Ausdehnung der Induzendenfläche, bei der ich noch einseitige Syncrasie gesehen habe, war 2 cm. Breite in 6 Meter Entfernung, $= \frac{20}{6000}$, was einer doppelseitigen Induction auf 4 cm. ($\frac{40}{6000}$) entspricht. Die Grösse des Induzenden bei den meisten oben angeführten Experimenten war, wie man sich erinnert, $\frac{5}{5000}$.

§ 7. Verschiedene Entfernungen.

Zunächst sind Untersuchungen über die kleinste für Syncrasieinduction nötige Entfernung (die Schwelle der Entfernung) angestellt. Diese sind anfangs mit konstanter objektiver Grösse des Induzenden (Ring 5 mm. breit) ausgeführt, und können also auch *als Untersuchungen über die grösste Netzhautausdehnung* des Induzenden, bei welcher Syncrasie noch möglich ist, betrachtet werden.

Es war die Schwelle für Induzend Orange I bei Indigoblau 1,30 M. (etwa $\frac{3,8}{1000}$)¹, bei Violet II etwas höher, bei Blaugrün II 5 Meter ($\frac{1}{1000}$), bei Gelbgrün 2 Meter ($\frac{2,5}{1000}$), bei Gelb II 5 Meter ($\frac{1}{1000}$), bei Rot 7,5 Meter ($\frac{0,7}{1000}$).

Für Induzend Gelb II war die Schwelle bei Indigo (Farbenempfindung) 3 Meter ($\frac{1,7}{1000}$), bei Gelbgrün 5 Meter ($\frac{1}{1000}$); bei Orange 5 Meter ($\frac{1}{1000}$).

Für Induzend Rot II war die Schwelle bei Orange I 4 Meter ($\frac{1,3}{1000}$) bei Gelb II 3 Meter ($\frac{1,7}{1000}$), bei Gelbgrün 5 Meter, ($\frac{1}{1000}$), bei Blaugrün 3 Meter ($\frac{1,7}{1000}$), bei Indigo 1 Meter ($\frac{5}{1000}$), bei Violet 1 Meter ($\frac{5}{1000}$).

¹ Bei mit weiss vermischem Indigo (180° w.) sogar 0,30 M. (etwa $\frac{16,0}{1000}$).

Es spielen hier, wie bei allen Inductionswirkungen, die Contrastverhältnisse eine Rolle. Ausserdem ist der Farbeffect der Syncrasie von der Verwandtschaft zwischen Inductor und Induzend abhängig. Wohl deshalb ist keine stetige Verkleinerung der Schwelle von Inductor Rot bis zu Violet nachweisbar, obschon die Überlegenheit des Indigo-Violet sehr deutlich aus diesen Versuchen hervorgeht.

Das war die Entfernungsschwelle *der merkbaren Syncrasieinduction*. Ich habe auch versucht, die für *maximale Syncrasieinduction* (d. h. für vollständige Mischung, Verschwinden der Farbe des Ringes) notwendige Entfernung festzustellen.

Dies geschah zunächst so, dass Ring und Grund durch Weiss-Schwarz-mischung gleich hell gezeigt wurden, und zwar teils in der Helligkeit der Induzendenfarbe, teils in der des Inductors.

Zunächst wurde Gelbgrün II als Induzend geprüft. Es ergaben sich in der helleren Reihe folgende Zahlen:

Rot I 11,5 M. Orange 12 M. Gelb 10,5 M. Indigo 9 M.
Violet 10 M.

in der dunkler gestimmten Reihe:

Rot 14 M. Orange 12 M. Gelb 10 M. Indigo 10 M.
Violet 12 M.

In Helligkeit des Gelbgrün für sämtliche Versuche:

Rot I 11,5 M. Orange 12 M. Gelb 10 M. Indigo 9 M.
Violet 10 M.

Wenn ich der Reihe nach *sowohl Induzend* als Inductor wechselte, ergaben sich folgende Reihen.

				Heller		Dunkler
Induzend	Rot	Inductor	Orange	6,5	M.	8 M.
—“—	Orange	—“—	Gelb	12	“	12 “
—“—	Gelb	—“—	Gelbgrün	11	“	11 “
—“—	Gelbgrün	—“—	Indigo	9	“	10 “
—“—	Indigo	—“—	Violet	7	“	7 “

Diese Zahlen sind bei weitem nicht so verschieden, wie man nach dem Vorigen hätte erwarten können. Sie sind aber nur provisorischer Art. Sie deuten an, dass bei grösserer Helligkeit beider Farben der Ring früher in den Grund aufgeht, als bei kleinerer Helligkeit. Ausserdem spielt natürlich auch hier die Qualitätsverwandtschaft zwischen Ring und Grund eine Rolle.

Jetzt einige Versuche, die sich auf die Bedeutung *der Dispersion* beziehen. Als ich das Phänomen der Syncrasieinduction in «F. I.» zuerst beschrieb, bezweifelte ich nicht, dass die Dispersion der Strahlen im

Auge die notwendige Bedingung dieser Erscheinung war (F. I. p. 11 unten). Dagegen war mir *eine* Möglichkeit nicht in den Sinn gekommen, auf welche mich Professor G. Martius aufmerksam machte, dass nämlich vielleicht die überlegenen *Syncrasiewirkungen* des Indigo darauf beruhen sollten, dass unsere Augen in den von mir untersuchten Fällen für Indigo und Violet geradezu kurzsichtig seien. (Helmholtz, Phys. Opt. p. 126).

Wenn dies richtig wäre, konnte der Grad der Syncrasie keine einfache Function der Retinalgrösse des Induzenden sein, resp. keine Funktion *des Verhältnisses* zwischen absoluter Grösse und Entfernung, sondern letztere musste für sich allein eine unerlässliche Bedingung der bisher beschriebenen Syncrasieverhältnisse sein.

Ich muss gleich gestehen, dass meine Untersuchungen nach dieser Seite hin nicht zu Ende geführt sind. Es stehen auch technische Schwierigkeiten entgegen; es hat sich nämlich gezeigt, dass ein grüner oder orange-farbiger Streifen, der 0,5 mm. breit geschnitten wird, noch in 30 cm. Entfernung deutlich blau gefärbt wird auf Indigo Grund. Gehen wir aber weiter, so ist die Herstellung eines entsprechenden Streifens recht schwierig, und ausserdem die Grenze des deutlichen Sehens bald überschritten. Hier ist allerdings die interessante Beobachtung zu notieren, dass der Streifen, horizontal angebracht, stärker induziert wird als vertical angebracht.

Dann habe ich Untersuchungen in grösserer Ferne angestellt, bei der gleichen Retinalbeschränkung wie oben in den Beobachtungen in 5 m. Entf. Es hat sich sowohl in 10 Meter Entfernung (einseitige Syncrasie von aussen, Induzend 1 cm. breit) als in 15 M. Entfernung (einseitige Syncrasie von innen, Induzend 1,5 cm.) das eine Maximum der Syncrasie-induction (für Gelbgrün II und Orange II) bei Indigo II behauptet.¹

Das ist insofern bemerkenswert, als wenn bei 30 cm. Entfernung die starke Blausyncrasie auf die Kurzsichtigkeit unseres Auges für blaue Strahlen zu schreiben wäre, dann in 15 Meter Entfernung eine so starke Dispersion zu erwarten wäre, dass der blaue Inductor durch einseitige Induction keinen Vorteil hätte, indem die Strahlen sich zu sehr über das Induzendfeld hinaus verbreiteten.

Zu weiteren Untersuchungen fehlten mir im Institut die Distanzen. Was sich hat machen lassen, spricht nicht dafür, dass die Überlegenheit des Indigo sehr von den Dispersionsbedingungen abhängig ist. Doch

¹ Zu bemerken ist hierbei noch, dass bei der Induction von innen in 15 Meter Entf. (Anordnung: innere Scheibe 12 cm. D. M. Schwarz, innerer Ring 13,2 D. M. = farbiger Inductor, äusserer Ring 16,2 D. M. = gelbgrüner oder orangef. Induzend) die innere schwarze Scheibe von Violet II und teilweise auch von Blaugrün II ganz leuchtend und gesättigt dunkelblau gefärbt wurde.

werden genauere Untersuchungen sicher zeigen, dass mit dem zunehmenden Parallellismus der Strahlen (= Entfernung des Beobachters) der Retina-Umfang dessen, was durch Blausynkrasie gefärbt werden kann, sich etwas erweitert, — wie auch andererseits eine so starke Zerstreuung der blauen Strahlen vor dem Auge durch Linien zu erzielen ist, dass die bis jetzt beobachtete Blausynkrasie ganz erheblich herabgesetzt oder sogar aufgehoben wird. Wenn man z. B. eine meiner oben beschriebenen Scheiben (etwa Orange auf Indigo, mit Orange auf Schwarz als Controlscheibe) in einer Entfernung beobachtet, wo eben noch keine Synkrasie merkbar ist, und dann das Bild durch eine Zerstreuungslinse zwei bis vier mal verkleinert, tritt keine starke Synkrasie ein, allerdings keine, die mit der bei doppeltem oder vierfachem Zurücktreten entstehenden vergleichbar wäre.¹

Schon dieses beweist, dass man mit geeigneter Zusammenstellung einer brechenden Flintglasslinse mit einer sammelnden Crownglasslinse (Helmholz p. 136) die Blaudispersion, — die notwendige Bedingung der Blausynkrasie, beseitigen kann. Meine Versuche in dieser Richtung sind aber noch nicht gelungen.

Mit Hilfe solcher optischen Instrumente muss freilich die Bedeutung der Dispersion für die Synkrasieerscheinungen genau gemessen werden können.

§ 8. Contrast.

Man kann die Möglichkeit denken, dass die Energie der verschiedenen Farbenqualitäten in Bezug auf Contrasterregung eine verschiedene sei, und dass diese Eigentümlichkeiten die Induction in der Ferne mit bestimmen (F. I. p. 13).

Ich habe deshalb mit meinen Papieren auch Beobachtungen in der Nähe angestellt. In Entfernung von 1 Meter wurde ein Ring, ein Mal weiss, ein anderes Mal schwarz, 5 mm. breit, auf einem Grunde gezeigt, der für den weissen Ring ursprünglich weiss, für den schwarzen Ring ursprünglich schwarz ist. Diesem Grunde wird stufenweise Farbe hinzugesetzt, bis 360° erreicht sind, nachher wird schwarz, resp. weiss hinzugesetzt. Die Reihe geht also von möglichst gleicher Helligkeit von Ring und Grund bis zu möglichst verschiedener, und ergiebt für jede Farbe

¹ Dieser Versuch muss mit einer Zerstreuungslinse gemacht werden. Ein umgekehrtes Opernglass kann dafür nicht verwandt werden, vielmehr ruft dieses die lebhaftesten Synkrasieerscheinungen hervor, indem es die Strahlen nicht zerstreut, sondern sie paralleler macht. Bei stark verkleinernden Zerstreuungslinsen und zwar selbst bei solchen aus Flintglass, treten aber immer noch recht lebhafte Synkrasieerscheinungen ein.

zwei Schwellen der Sättigung, eine bei möglichst gleicher, eine bei verschiedener Helligkeit. Daneben wurde ein weisser (resp. schwarzer) Ring auf einem neutralen Grau, welches dem Farbgemisch in Helligkeit genau folgte, zur Controle gezeigt. (Beobachter C. Deetjen.)

Es zeigten sich *bei weissem Ring* folgende Schwellen.

	Indigo II	Violet II	Blau I	Gelb II	Gelb- grün II	Orange III	Rot I	Purpur I	Purpur II
Minimale Sättigung	20°	20°	20°	20°	20°	20°	20°	70°	70°
Maximale Helligkeits- Differenz	354° w.	352° w.	342° w.	295° w.	305° w.	290° w.	210° w.	114° w.	103° w.
Sättigung dabei	150°	180°	90°	110°	180°	180°	270°	110°	120°

Von Rot I, Purpur I und Purpur II ist zu bemerken, dass sie ohne Zusatz von Schwarz ihre Kraft zur Contrastinduction auf Weiss einbüssten, — wie man aus den Zahlen 210° w., 114° w. und 103° w. ersieht, da der Unterschied schon zwischen den gesättigten Papieren und Weiss grösser ist (Rot = 280° W., Purpur I = 340° W., Purpur II = 310° W.). Siehe S. 4.

Bei schwarzem Ring zeigten sich die Schwellen:

	Gelb II	Orange II	Rot I	Purpur II	Indigo II	Purpur I	Gelb- grün II	Violet II
Minimale Sättigung	5°	20°	40°	20°	3°	20°	5°	10°
Maximale Helligkeits- Differenz	290° w.	250° w.	220° w.	125° w.	110° w.	105° w.	55° w.	18° w.
Sättigung dabei	270°	260°	160°	270°	260°	90°	180°	360°

Also auch hier weichen die bei weissem und die bei schwarzem Inductionsfield erzielten Ergebnisse von einander ab.

Die Abweichungen haben den Sinn, dass in dem weissen Felde sich Gelb und Rot leichter bemerkbar machen, in dem Schwarzen dagegen Blau und Grün. Dies geht unmittelbar aus der Tabelle hervor, und wird ausserdem dadurch bestätigt, dass die Aufhebung des Indigo- und Violetcontrastes bei 110° und bei 18° Helligkeitsdifferenz sich auf positive Syncrasieinduction zurückführen liess. In 0.30 M. Entfernung beobachtet ging der Contrast viel weiter.

Bei den oben (§ 2) referierten Chromoptriebestimmungen wurden auch interessante Contrastbeobachtungen gemacht, indem der Beobachter bei jeder Untersuchung nicht wusste, ob er im Ring oder in dem Grunde die Farbe erwarten sollte. Er gab deshalb jedesmal Urteile sowohl über Ring als über Grund.

Dabei bemerkten wir, was allerdings auch früher bemerkt worden ist,¹ dass der Contrast recht häufig bemerkt wurde, ehe noch eine Spur von der thatsächlich gegebenen Farbe gesehen war.

Es wurde *die thatsächlich gegebene Farbe eher als der Contrast* gesehen:

bei Gelb I, Gelbgrün I, Blau II, Indigo I, Indigo II.

der Contrast eher als die gegebene Farbe:

bei Purpur II, Rot I, Orange III, Gelb II, Blau I.

Gleichzeitig wurde *Syncrasie* gesehen von Violet I, Purpur I (Grund rot, Ring blau).

Von Grund Blau I wurde einmal ein zu früher Contrast (= Ring gelblich) bemerkt.

Davon wäre nun nichts weiter zu sagen, wenn nicht die «Contrastfarben» oben verdächtig wären.

Gelb II ergab als Contrast: Blau. (Grund nachher zuerst = Gelb.)

Orange II —«— Contrast: Blau. (Grund nachher zuerst = Rot.)

Rot I —«— Contrast: Blau. (Grund nachher zuerst = Rot.)

Purpur II —«— Contrast: Blau. (Grund nachher zuerst = Rot.)

Man konnte denken, dass dem Erkennen des Rot eine untermerkliche orangeähnliche Erregung voranginge, welcher der Blaue Contrast entspreche. Diese Deutung ist aber falsch, indem bei erkanntem Rot der scheinbare Blaucontrast bestehen bleibt, in der Nähe aber überhaupt nicht zu bemerken ist. In der Nähe hat der Contrast die «richtige» Farbe (grün).

Man kann den Fall bezeichnen als

falschen Contrast (Pseudocontrast).

Offenbar liegt hier eine durch die blauvioletten Strahlen des Rot bedingte Syncrasie vor; *durch Syncrasie wird der Ring gefärbt, erstens ehe die Farbe des Inductors erkannt wird, und zweitens in einem von der Farbe des Inductors abweichenden Tone.*

Das sieht recht sonderbar aus, ist aber trotzdem nicht zu bezweifeln. Zur Controle habe ich zwei Scheiben neben einander gestellt, die beide einen hellgrauen Ring hatten. Der Grund war in der einen aus 150⁰

¹ Graefes Archiv, Bd. XXVII, 1 p. 116.

Purpur II, übrigens weiss, hergestellt, in der anderen aus ebensoviel Rot I. In der Nähe ist der Contrastring von Purpur grünlicher, von Rot bläulicher, den Contrastgesetzen gemäss. *In einiger Entfernung (3 bis 5 Meter) wird der Ring auf Purpur bedeutend bläulicher als der auf Rot.*

Ich sprach in F. I. (p. 13) von latenter Contrastwirkung bei der Syncrasie. Wenn man statt farbigen Induzend einen neutralen anwendet, wird uns das Latente offenbar. So lange noch etwas Grün in diesem «Contrasting» übrig ist, *sehen wir recht deutlich die schönste Mischung aus Contrast und Syncrasieinduction von demselben Papiere ausgehend*, die je beobachtet worden ist.

§ 9. Zwischenfelder zwischen Induzend und Inductor.

Mehr als ein Curiosum betrachte ich die Beobachtungen, die ich über die Bedeutung der Zwischenfelder angestellt habe. Über die ersten Versuche mit schwarzen Contouren ist in F. I. p. 10 berichtet. Dort schrieb ich: Zuweilen schärft sogar der schwarze Contour sowohl Contrast als Syncrasie. Nach dem, was ich später gesehen habe, kann ich sagen, dass wenn das schwarze Zwischenfeld auf Kosten des Induzenden gewonnen wird, wird es immer *die Syncrasieinduction* relativ fördern.

Sehr auffallend ist es aber, *dass die Contrastwirkung* so zu sagen *durch ein Zwischenfeld hindurchspringen kann*. Ich gab aussen Indigoblau (Radius 5 cm., Ringbreite etwa 1,2 cm.) dann einen 2 cm. breiten grünen Ring, und innen einen Kern mit Radius 1,8 cm. Dieser Kern wurde, sowohl wenn er schwarz als wenn er weiss war, in 4 M. Entf. und mehr *gelb* gesehen, während das grüne Zwischenfeld (2 cm.) nur giftig grün gesehen wurde (Syncrasie). Der fernere Contrast (von Blau) besiegte den näheren von Grün!

Eine Scheibe mit Radius 3,8 cm. von Orange II induziert auf 1,5 cm. breiten grauen Ring mit Hülfe einer inneren Orangescheibe (1,8 cm. Radius) einen eben merkbaren blauen Contrast.

Wird dies System von Indigoblau umgeben, so wird das frühere Contrastblau plötzlich *gelb*, und zwar auch ganz aus der Nähe beobachtet (0.30 Meter Entf.).

Der oben beschriebene Versuch mit grünem Zwischenfeld wurde endlich so angestellt, dass das Grün in einer Scheibe von 4,3 cm. Radius auf eine innere Scheibe von 3,3 cm. Radius einen merkbaren roten Contrast hervorrief. Wird dies System in 3 M. Entfernung mit Indigo umgeben, *so macht die rote Contrastfarbe einer gelben Platz, wenn*

die Helligkeit der inneren neutralen Scheibe ganz klein gewählt wird (= wenn die Helligkeit gleich der des umgebenden Indigo ist). Dagegen bleibt die rote Contrastfarbe bestehen, wenn die Helligkeit des Grau gleich oder grösser ist als die des Grün.

Also springt die Contrastwirkung durch farbige Zwischenfelder hindurch, wenn auch nur unter besonders günstigen Bedingungen.

§ 10. Die Blausynkrasie von Grau ausgehend.

Nachdem wir schon so viel Merkwürdiges erlebt haben, wird uns auch dies Paradoxon nicht beunruhigen.

Schon längst habe ich bemerkt, dass die farbigen Induzendringe (Grün, Orange) auf Grau gezeigt sich mehr nach dem Indigo neigten als auf Schwarz gezeigt.¹ Für Professor Martius als Beobachter wurde eine Reihe von Farben auf Schwarz + Weiss gezeigt. Nur Orange und Gelbgrün I und II zeigten deutliche Änderungen. Diesen erging es, als ob sie bei der Aufhellung des Grundes von 360° Schwarz bis auf 280° Schw. + 80° Weiss steigende Blausyncrasie erlitten. Die Blausyncrasie war für die beiden grünen Ringe noch steigend bis 120° Weiss. Nachher blieb der Eindruck lange unverändert, bis er um 320° - 360° Weiss wieder grünlicher zu werden schien.

Ist das etwa eine Wirkung der Verdunkelung durch Helligkeitscontrast? Grün erscheint bei Verdunkelung bläulicher, wird es gesagt. Aber das ist hier nicht die richtige Erklärung. Denn die grösste Änderung wird beobachtet, ehe das Grün noch durch Helligkeitscontrast positiv verdunkelt werden kann, während dieser Factor also am wenigsten beteiligt ist.

Es handelt sich um eine merkbare Dispersion der im Grau enthaltenen blauen Strahlen. Für die, welche noch daran zweifeln, habe ich ein weiteres Experiment.

Ich versuchte zwei scheinbar gleiche Grau herzustellen, das eine aus einem giftigen Grün (Bulls physiologische Grün) und einem ihm complementären Purpur, das andere aus dem Violet II und einem dazu hergestellten, ihm complementären Grüngelb. (Scheibengrösse wie oben, $3\frac{1}{3}$ cm. Radius). In einer Entfernung von 5 Meter ging die scheinbare Gleichheit

¹ Dass ein beschränktes Grün bläulich erscheint, ist von mehreren beobachtet. Siehe besonders O. B. Bull, Gräfes Archiv XXVII, I p. 153. In Bezug auf die Syncrasie- und Contrast-Experimente lehrt uns diese Erscheinung einen Induzenden auf absolutem Schwarz demjenigen auf Grau als Controle vorzuziehen. Ich habe das nur deshalb nicht gethan, damit man in der Darstellung der überlegenen Blausyncrasie keine Übertreibung befürchte.

verloren. Wir stellten dann so ein, dass das Purpurgrau einen kaum merkbaren grünlichen Schimmer zeigte, das Violetgrau einen eben merkbaren gelblichen. Von Purpur und Violet war absolut nichts zu verspüren.

Der Einfluss dieser Graugemische auf einen gelbgrünen Induzenden war der, dass das Purpurgrau ihn ungefähr so erscheinen liess, wie er auf Schwarz aussieht, *während das Violetgrau, welches ein klein wenig gelblich aussah, ihn ganz bläulich färbte.*

Wir sehen hier wie ein schwaches Gelb, statt durch Contrast, durch Syncrasie die Umgebung blau zu färben vorzieht! Das Paradoxon löst sich durch die Dispersionsgesetze und durch die kleine Schwelle der blauen Strahlen.

Theorie.

Es ist durch alle diese Beobachtungen ausgemacht, dass die nach Helmholtz im Dunkelmzimmer zuweilen zu beobachtende Blaudispersion auch im Hellen sich fühlbar machen kann.¹

Indessen deuten die Erscheinungen, wie sie oben beschrieben sind, mit Bestimmtheit darauf hin, dass diese Ursache nicht die einzige ist. Ich erklärte in der F. I., dass mir die Sache so erschien, als ob die brechbarsten Strahlen nicht nur in Bezug *auf Lichterregung*, — wie das durch das Purkinjesche Phänomen ganz sicher gestellt ist, — sondern auch in Bezug *auf Farberregung* eine bedeutend niedrigere Schwelle haben, als die weniger brechbaren. (Ich mache darauf aufmerksam, dass die niedrige Schwelle für die Lichterregung selbst durch die *von Kries'sche* Theorie zugegeben wird, allerdings nur was den einen lichtempfindenden Apparat betrifft.)

Dementsprechend erreicht das Blau-violet sehr bald maximale Sättigung und maximale Helligkeit.

Gerade entgegengesetzt verhalten sich die weniger brechbaren Strahlen. Rot hat die absolut grösste Schwelle, schreitet aber dann anhaltend zu intensiveren Wirkungen fort. Dies ist keine Theorie, sondern die einfache Wiedergabe der Purkinjeschen Helligkeitserscheinung. Die obigen Beobachtungen sammeln sich nun, wenn von dem reinen Dispersionsphänomen abgesehen wird, in folgendem Satze: *Bei Mischung mit Schwarz sowie*

¹ Man vergleiche auch *Brücke*, Über asymmetrische Strahlenbrechung, Sitzungsberichte der Wiener Acad. 1868. M. N. Cl. LVIII, 2. S. 321. Auch *Aubert* hat die hier beschriebene Blausyncrasie gesehen, allerdings wohl nur bei schiefer Accomodation, *Physiol. d. Netzhaut* S. 121: «Die Erscheinung ist aber vorübergehend und nicht constant».

bei jeder sonstigen Division der Energiemasse gewinnt relativ die rechte Seite des Spektrums an Farbenkraft, bei Mischung mit Weiss wie bei Multiplication der Energiemasse gewinnt relativ die linke Seite an Farbenkraft.

Dazu stimmte auch unser Resultat in den Untersuchungen über Contrast (p. 28); ebenso die Untersuchungen über Synchrasie bei verschiedener Beleuchtung (p. 21). Die bei der Sättigungsbestimmung beobachteten Erscheinungen (Tab. I und III, p. 8 und 13) lassen sich anders gar nicht, so aber sehr gut begreifen. Die Farben wurden durch Mischung mit Weiss und mit Schwarz nicht in ihrem richtigen Ton gesehen.

Ich stelle hier die Ergebnisse für 6 Farben neben einander.

	Blau II	Violet II	Purpur II	Rot I	Orange III	Grün II
Schwarz	Blau	Violet	Violet	Purpur	Violet	Blaugrün
Weiss	Violet ¹	Rosa	Rötlich	Rötlich	Rötlich	Gelblich

Ich darf vielleicht hier noch auf die von Dr. O. B. Bull vorgenommenen Sättigungsbestimmungen hinweisen (Graefes Arch. XXVII, 1. p. 101 und 102), welche dies Phänomen scharf hervortreten lassen, ohne dass Bull freilich dies besonders accentuirt hätte. — Nach diesen Untersuchungen wird jede Farbe (natürlich) leichter aufgefasst in Mischung mit Schwarz als mit Grau (etwa = 60ⁿ Weiss + 300ⁿ Schw.). Um wie viel leichter, zeigen die folgenden Zahlen.

	Rot	Orange	Gelb	Grün	Blau-grün	Blau	Indigo	Rosa
Grau	4,1	6,29	5	4,4	7,35	17,05	17,05	3,45
Schwarz	2,1	2,95	3,2	1,59	2,9	2,3	2,4	1,45
Verhältniss etwa	2	2,1	1,6	2,8	2,5	7,7	7,1	2,3

Dasselbe Verhältniss, wenn man die für seinen Assistenten gewonnenen Zahlen heranzieht. Nur bei der schärfsten zentralen Beobachtung (durch einen Schirm mit zwei Löchern) tritt das Verhältniss mehr zurück.²

¹ So auch Indigo II bei der Messung in der Nähe.

² Auch ändert sich das Resultat, wenn mit Weiss gemischt wird, wieder sehr. Da mir diese Experimente nicht in allen Details klar sind, will ich über die Ursachen hierfür keine Vermutung aussprechen.

Ich kann nicht zweifeln, dass diese Eigentümlichkeit der relativ niedrigeren Schwelle für Blau, Indigo, Violet bei Untersuchungen, wo man für die Mischung tiefstes Schwarz (etwa einen hohlen Cylinder) brauchte, und auch die ganze weitere Umgebung in möglichst tiefes Schwarz einhüllte, noch evidenter hervortreten würde.

Zuletzt erwähne ich, dass Indigo mit Weiss gemischt einen rötlichen Ton annimmt. Das ist auch von Aubert beobachtet, ist aber von mir nur in den Versuchen *in der Nähe* konstant gesehen. Dem entspricht es, dass Orange mit *Schwarz* gemischt für Violet gehalten wird.¹

Das alles erklärt sich aus der niedrigen Schwelle mit niedrigem Maximum bei den brechbarsten Strahlen, aus der höheren Schwelle mit höherem Maximum bei den langwelligen Lichtern.

Da aber das Indigo, dessen Schwelle selbst in Schwarzmischungen immer noch höher ist als die der roten, gelben und grünen Papiere, stärkere Syncrasieinduction bewirkt, *wird allerdings die Dispersion nach Analogie des kurzsichtigen Auges ein Hauptfactor der Syncrasie bleiben.*

Zum Schluss sei bemerkt, dass sowohl die Hauptergebnisse als die theoretischen Erklärungen, die hier gegeben sind, mündlich in einem auf dem dritten internationalen Kongress für Psychologie in München 1896 gehaltenen Vortrag dargestellt wurden. Die Untersuchungen sind zum grössten Teile in dem psychologischen Institute des Herrn Prof. *Martius* in Bonn ausgeführt, einiges ist auch in den Laboratorien des Herrn Prof. *Mosso* zu Turin und des Herrn Prof. *Torup* zu Kristiania gemacht. Es sei mir gestattet, hier diesen Herren und auch anderen, die als Versuchsobjekte behülflich gewesen sind, meinen Dank zu sagen.

¹ Umgekehrt ist uns Violet in Weiss gemischt zuerst gelb erschienen. (p. 10, Tab. I, A.)
Dieses Phänomen ist auch von O. B. Bull gesehen (Gräfe's Archiv XXVII, 1 p. 117).

Sur les groupes du degré p
et de l'ordre $p(p+1)\pi$,
 p étant un nombre premier, et π un
diviseur de $p-1$

Par

Dr. L. Sylow

Videnskabselskabets Skrifter. I. Matematisk-naturv. Klasse. 1897. No. 9

LIBRARY
NEW YORK
BOTANICAL
GARDEN



Christiania

En commission chez Jacob Dybwad

Imprimerie de A. W. Brögger

1897

Présenté à la classe des Sciences le 28 mai 1897.

Sur les groupes du degré p et de l'ordre $p(p+1)\pi$,
 p étant un nombre premier, et π un diviseur
de $p-1$.

Par

Dr. L. Sylow.

Les groupes des degrés 5, 7, 11, et des ordres respectifs 60, 168, 660 ont été l'objet de beaucoup de travaux, mais, autant que je sache, on n'a pas encore démontré qu'ils sont les seuls groupes d'un degré premier p dont l'ordre s'exprime par $\frac{1}{2}(p+1)p.(p-1)$. Cette démonstration est l'objet principal du Mémoire présent. Mais comme une partie de ce que j'ai à dire s'applique aussi aux groupes de l'ordre $(p+1)p.\pi$, π étant un diviseur quelconque de $p-1$, je prends d'abord ce point de vue plus général. Le problème ainsi généralisé présente bien quelque intérêt, parce que ces groupes, quand ils existent, sont les plus simples groupes non résolubles du degré p . Quoique je ne le résolve pas, je trouve pourtant quelques résultats, qui dans beaucoup de cas suffisent pour reconnaître l'impossibilité des groupes en question.

I.

Soit p un nombre premier, surpassant 5, et

$$p-1 = \pi.\pi';$$

soit de plus G un groupe de substitutions du degré p et de l'ordre $(p+1)p\pi$, permutant les éléments

$$x_0, x_1, x_2, \dots, x_{p-1}.$$

On sait que G contient $p + 1$ sous-groupes de l'ordre $p\pi$, qui sont les transformés de l'un d'entre eux par les substitutions de G , et qu'aucun de ces sous-groupes n'est permutable à une substitution de G qui lui est étrangère. Je suppose les éléments x_i rangés dans un tel ordre que l'un des sous-groupes, que je désigne par L_∞ , contienne les $p\pi$ substitutions

$$|i \quad a^{\pi'} i + b|,$$

l'indice i étant pris suivant le module p , et je désigne par s_∞ la substitution $|i \quad i + 1|$.

Soit maintenant L_0 un autre quelconque des sous-groupes d'ordre $p\pi$, contenant la substitution circulaire s_0 , et soit en général L_r le groupe transformé de L_0 par s_∞^r , de sorte que $L_\infty, L_0, L_1, \dots, L_{p-1}$ soient tous les $p + 1$ groupes d'ordre $p\pi$ contenus dans G , L_r contenant la substitution circulaire s_r , où

$$s_r = s_\infty^{-r} s_0 s_\infty^r.$$

Si l'on transforme les groupes L_k par les substitutions de G , ils subissent un groupe de substitutions, Γ , holoédriquement isomorphe à G . En effet, si l'isomorphisme n'était pas holoédrique, les substitutions de G permutable à tous les L_k devraient former un sous-groupe invariant, H , de G ; mais, G étant primitif, H serait transitif, donc il contiendrait une des substitutions circulaires et, par suite, toutes, ce qui est absurde.

Dans la suite je désignerai par les lettres grecques correspondantes les sous-groupes et les substitutions de Γ , de sorte que \mathcal{A}_r corresponde à L_r , σ_r à s_r . \mathcal{A}_r est donc le sous-groupe de Γ qu'on obtient en transformant les L_k par les substitutions de L_r , c'est-à-dire que \mathcal{A}_r contient les substitutions de Γ qui ne déplacent pas L_r . Puisque en général L_k ne possède d'autres substitutions circulaires que les puissances de s_k , on voit immédiatement que

$$\sigma_\infty = |k \quad k + 1|.$$

L_∞ contient en outre la substitution

$$t = |i \quad \varepsilon^{\pi'} i|, \quad \varepsilon \text{ étant une racine primitive de } p,$$

qui transforme s_∞ en $s_\infty^{\varepsilon^{\pi'}}$; en supposant qu'elle transforme s_0 en s_a^m , on a

$$t^{-1} s_k t = t^{-1} s_\infty^{-k} s_0 s_\infty^k t = s_\infty^{-\varepsilon^{\pi'} k} s_a^m s_\infty^{\varepsilon^{\pi'} k} = s_{\varepsilon^{\pi'} k + a}^m.$$

En posant $j \equiv \varepsilon^{\pi'} k + a$, on voit donc que t transforme s_j en s_j^m , d'où l'on conclut que t est aussi contenue dans L_j . Or, le groupe désigné par

L_0 n'étant assujéti à aucune autre condition que d'être différent de L_∞ , on peut supposer t contenue dans L_∞ et L_0 , ce qui donne $a \equiv 0$; cela étant, on a

$$t^{-1} s_k t = s_{\varepsilon \pi'_k}^m.$$

La substitution τ de Γ , correspondant à t , a donc la forme

$$\tau = |k \quad \varepsilon \pi'_k|,$$

et les substitutions de \mathcal{A}_∞ sont les

$$|k \quad \varepsilon^{\pi'_k} k + b|, \text{ ou bien les } |k \quad a^{\pi'_k} k + b|;$$

c'est la même expression que celle des substitutions de L_∞ , avec la différence que l'indice k est susceptible des valeurs $\infty, 0, 1, \dots, p-1$, tandis que l'indice i varie seulement de 0 à $p-1$. Les substitutions de Γ qui ne déplacent ni L_∞ ni L_0 sont donc les π substitutions $|k \quad a^{\pi'_k} k|$, régulières par rapport aux lettres L_1, L_2, \dots, L_{p-1} . Γ étant évidemment deux fois transitif, on tire de ce qui vient d'être dit la conclusion importante que *chaque substitution de Γ déplace au moins $p-1$ des lettres L_k .*

Le groupe G en contient un autre G_0 d'ordre $(p+1)\pi$, qui ne déplace pas x_0 ; considérons maintenant le groupe correspondant Γ_0 contenu dans Γ . D'abord Γ_0 est de l'ordre $(p+1)\pi$ et transitif; car puisque dans G_0 il n'y a que les π puissances de t qui soient permutable au groupe L_∞ , les $p+1$ groupes L_k se déduisent tous de L_∞ en le transformant par les substitutions de G_0 . Puis, les substitutions de Γ_0 qui ne déplacent pas L_∞ étant les puissances de τ , lesquelles ne déplacent pas non plus L_0 , et sont régulières par rapport aux L_1, L_2, \dots, L_{p-1} , on voit que Γ_0 est imprimitif, les $p+1$ L_k se répartissant, d'une seule manière, en $\frac{1}{2}(p+1)$ systèmes binaires. En transformant Γ_0 par les puissances de σ_∞ on a les p groupes de l'ordre $(p+1)\pi$ contenus dans Γ :

$$\Gamma_0, \Gamma_1, \dots, \Gamma_{p-1}$$

et l'on voit que dans Γ , L_∞ est conjugué à L_r . Si maintenant L_∞ et L_r étaient aussi conjugués dans un autre des groupes Γ_i , celui-ci admettrait deux répartitions différentes en systèmes d'imprimitivité binaires, ce qui n'a pas lieu. Le groupe Γ étant deux fois transitif, on conclut que *chaque paire des lettres L_k sont conjuguées dans un des groupes Γ_i , et dans un seul.*

Je vais maintenant rechercher si deux indices appartenant à un même cycle de τ , tels que $\varepsilon^{a\pi'+r}$ et $\varepsilon^{(a+b)\pi'+r}$, peuvent être conjugués dans le groupe Γ_0 . Les puissances de τ devant remplacer toute paire d'indices

conjugués par une autre, il faudra alors que ε^r soit conjugué à $\varepsilon^{b\pi' + r}$, celui-ci à $\varepsilon^{2b\pi' + r}$, ce qui donne

$$\varepsilon^{2b\pi' + r} \equiv \varepsilon^r, \text{ d'où } \varepsilon^{b\pi'} \equiv -1.$$

Dans ce cas l'indice ε^r est conjugué à $-\varepsilon^r$, donc -1 doit être un résidu de la π' ^{ième} puissance, et par conséquent π est un nombre pair. Si maintenant tout indice, ∞ et 0 exceptés, est conjugué à un autre contenu dans le même cycle de τ , il faudra que généralement k soit conjugué à $-k$; de plus Γ_0 contiendra la substitution $\tau^{\frac{\pi}{2}}$, ou $|k - k|$, qui remplace tout indice par son conjugué, excepté ∞ et 0 . Par conséquent Γ_0 , étant transitif, contiendra aussi une substitution qui ne déplace pas 1 et -1 , en remplaçant tout autre indice par son conjugué. Le produit des deux substitutions est $(\infty \ 0) (1 \ -1)$, qui ne déplace que 4 lettres; mais puisque toute substitution de Γ déplace $p-1$ lettres au moins, cela n'est possible que pour $p=5$. En supposant $p > 5$, on est donc sûr d'avoir une paire d'indices conjugués, telle que ε^c et $\varepsilon^{d+\varepsilon\pi'}$, c et d étant deux nombres différents moindres que π' . Alors $\varepsilon^c k^{\pi'}$ et $\varepsilon^{d+\varepsilon\pi'} k^{\pi'}$ sont conjugués dans le groupe Γ_0 , et $\varepsilon^c k^{\pi'} + r$ est conjugué à $\varepsilon^{d+\varepsilon\pi'} k^{\pi'} + r$ dans le groupe Γ_r . En posant

$$\varepsilon^c k^{\pi'} + r \equiv \alpha, \quad \varepsilon^{d+\varepsilon\pi'} k^{\pi'} + r \equiv \beta,$$

on a

$$k^{\pi'} \equiv \frac{\alpha - \beta}{\varepsilon^c - \varepsilon^{d+\varepsilon\pi'}} \quad , \quad r \equiv \frac{\alpha \varepsilon^{d+\varepsilon\pi'} - \beta \varepsilon^c}{\varepsilon^{d+\varepsilon\pi'} - \varepsilon^c};$$

si, au contraire, on fait

$$\varepsilon^c k^{\pi'} + r' \equiv \beta, \quad \varepsilon^{d+\varepsilon\pi'} k^{\pi'} + r' \equiv \alpha,$$

on a

$$k^{\pi'} \equiv \frac{\beta - \alpha}{\varepsilon^c - \varepsilon^{d+\varepsilon\pi'}} \quad , \quad r' \equiv \frac{\beta \varepsilon^{d+\varepsilon\pi'} - \alpha \varepsilon^c}{\varepsilon^{d+\varepsilon\pi'} - \varepsilon^c}.$$

Si -1 était un résidu, il serait possible de satisfaire au second système de congruences, toutes les fois qu'on a satisfait au premier. Par cela α et β deviendraient conjugués dans deux groupes différents Γ_r et $\Gamma_{r'}$, ce qui est impossible, comme on l'a vu plus haut. Donc -1 ne peut pas être un résidu de la π' ^{ième} puissance, et par suite π est un nombre impair; deux indices, conjugués dans le groupe Γ_0 , ne se trouvent jamais au même cycle de la substitution τ .

On voit aussi que toute substitution de G équivaut à un nombre pair de transpositions; en effet, dans le cas contraire, il existerait un groupe du degré p et de l'ordre $\frac{1}{2}(p+1)p\pi$, ce qui est impossible.

Le groupe Γ_0 contient une substitution Ψ qui échange entre elles les lettres L_∞ et L_0 , et qui par conséquent est permutable au groupe dérivé de τ . En posant

$$\Psi = |k \ f(k)|, \text{ et } \Psi^{-1}\tau\Psi = \tau^0,$$

q étant nécessairement premier à π , on a

$$f(\varepsilon^{\pi'}k) \equiv \varepsilon^{\pi'q}f(k).$$

On en tire facilement:

$$f(\varepsilon^{\pi' + \pi}k) \equiv \varepsilon^{\pi'q}f(\varepsilon^\pi k).$$

Faisant ensuite

$$f(\varepsilon^z) \equiv \varepsilon^{\psi(z)}m_\pi,$$

z et $\psi(z)$ étant deux nombres moindres que π' , m_π un résidu dépendant de z , — et désignant par R un résidu quelconque, on a

$$f(\varepsilon^z R) \equiv \varepsilon^{\psi(z)}m_\pi R.$$

On peut donc écrire la substitution Ψ de la manière suivante:

$$\Psi = (\infty \ 0). | \varepsilon^z R \quad \varepsilon^{\psi(z)}m_\pi R^0 |,$$

où l'on peut même omettre la transposition $(\infty \ 0)$, si l'on convient de choisir pour q un nombre négatif. On trouve

$$\Psi^2 = | \varepsilon^z R \quad \varepsilon^{\psi^2(z)}m_\pi^0 m_{\psi^2\pi} R^{q^2} |;$$

or, comme Ψ^2 ne déplace pas L_∞ , on doit avoir $\Psi^2 = \tau^c$, donc, z et $\psi(z)$ étant moindres que π' , on a

$$\psi^2(z) = z, \quad m_{\psi^2\pi} m_\pi^0 \equiv \varepsilon^{c\pi'}, \quad R^{q^2} \equiv R,$$

d'où l'on voit que $q^2 - 1$ est divisible par π . L'ordre de Ψ^2 est un diviseur de π et, par conséquent, un nombre impair $2h + 1$; Ψ^{2h+1} est de l'ordre 2, contient le cycle $(\infty \ 0)$, et peut par conséquent remplacer Ψ ; il est donc permis de supposer que la substitution Ψ elle-même est de l'ordre 2. En faisant cette supposition on a

$$c = 0, \quad m_{\psi^2\pi} m_\pi^0 \equiv 1.$$

\mathcal{V} déplace toutes les lettres L_k . En effet, si elle ne déplaçait pas L_r et sa conjuguée, Γ_0 contiendrait une substitution qui ne déplace pas L_∞ et L_0 , tout en échangeant entre elles deux autres lettres conjuguées; ce serait nécessairement une puissance de τ , mais on a vu que τ et ses puissances ne remplacent jamais une lettre par sa conjuguée. Donc \mathcal{V} déplace toutes les L_k , et généralement une substitution de Γ_0 qui échange entre elles deux lettres conjuguées, les déplace toutes. Il s'ensuit que $\psi(x)$ est différent de x , pour toutes les valeurs du dernier nombre. Car, si l'on avait $\psi(\alpha) = \alpha$, la substitution

$$\mathcal{V} \cdot \left| \begin{smallmatrix} k \\ m_\alpha \end{smallmatrix} \right| k$$

ne déplacerait pas l'indice ε^α , en échangeant toutefois ∞ et 0 entre eux.

En prenant pour \mathcal{V} une substitution de l'ordre 2, comme il est permis, elle est un produit de $\frac{1}{2}(p+1)$ transpositions; ce nombre est donc pair, et par conséquent p est de la forme $4h+3$.

Désignons l'indice qui dans le groupe Γ_0 est conjugué à $\varepsilon^x R$ par $\varepsilon^{q(x)} \mu_x \cdot R$, μ_x étant un résidu, x et $q(x)$ deux nombres inférieurs à π' ; on aura évidemment

$$(1) \quad q^2(x) = x, \quad \mu_{q(x)} \cdot \mu_x \equiv 1.$$

De plus, \mathcal{V} remplaçant une paire d'indices conjugués par une autre, on a

$$(2) \quad \psi q(x) = q \psi(x); \quad m_{q(x)} \cdot \mu_x^0 \equiv m_x \cdot \mu_{\psi(x)}.$$

II.

La détermination obtenue de la substitution \mathcal{V} permet de traiter à fond le cas où $\pi = \frac{1}{2}(p-1)$, $\pi' = 2$. La substitution τ est alors à deux cycles, dont l'un contient les résidus quadratiques, l'autre les non-résidus. On a $q(0) = \psi(0) = 1$, $q(1) = \psi(1) = 0$. Les congruences (1) et (2) donnent

$$\mu_1 \equiv \frac{1}{\mu_0}, \quad m_1 \equiv \frac{m_0}{\mu_0^{e+1}};$$

en écrivant simplement m et μ au lieu de m_0 et μ_0 , l'expression de \mathcal{V} devient

$$(\infty \ 0) \cdot \left| \begin{smallmatrix} R \\ \varepsilon m R^0 \end{smallmatrix} \right| \cdot \left| \begin{smallmatrix} \varepsilon R \\ \mu^{e+1} R^0 \end{smallmatrix} \right|.$$

Je supposerai le nombre q impair; car s'il est pair, il peut être remplacé par $q \pm \frac{1}{2} (p-1)$; alors $q^2 - 1$ devient divisible par $p-1$, de sorte que $k^{q^2} \equiv k$, k étant résidu ou non-résidu. Mais au lieu de cette substitution j'emploie la suivante, qu'on obtient en multipliant à droite par $|k - \varepsilon^{-1} m^{-1} k|$:

$$(\infty \ 0). |R - R^q|. \varepsilon R - \frac{R^q}{\varepsilon u^{q+1}}|.$$

ou plus commodément, en désignant par N un non-résidu quelconque, et écrivant $-m$ au lieu de εu ,

$$\psi = |k \quad \psi(k)| = (\infty \ 0). |R - R^q|. N - \frac{N^q}{m^{q+1}}|,$$

où, dès à présent, R est conjugué à $-mR$, N à $-\frac{N}{m}$.

En transformant Γ par la substitution $|k - k|$, le sous-groupe A_x contenant les substitutions $|k - a^x k + b|$ est conservé; mais, dans le groupe transformé de Γ_0 , les indices -1 et m sont conjugués et, par conséquent, aussi $-\frac{1}{m}$ et 1 , c'est-à-dire que m est remplacé par $\frac{1}{m}$. Il est donc permis de changer m en $\frac{1}{m}$, s'il est possible d'obtenir par cela quelque réduction.

En transformant σ_x par ψ , on a la substitution σ_0 qui ne déplace pas L_0 , et qui remplace l'indice $\psi(k)$ par $\psi(k+1)$. Cette substitution, et plus généralement $\sigma_0^a \sigma_x^b$, transforme les groupes Γ_k les uns dans les autres; en faisant spécialement $b = -\psi(a)$, on a la substitution

$$\Sigma = \sigma_0^a \sigma_x^{-\psi(a)} = |\psi(k) \quad \psi(k+a) - \psi a|,$$

laquelle remplace l'indice ∞ par 0 , celui-ci par $-\psi(a)$, et qui par conséquent transforme Γ_0 en un groupe Γ_r où 0 et $-\psi(a)$ sont conjugués. Pour trouver r il faut faire, ou

$$R + r \equiv 0, \quad -mR + r \equiv -\psi(a),$$

ce qui donne

$$R \equiv \frac{\psi(a)}{m+1}, \quad r \equiv \frac{-\psi(a)}{m+1},$$

et exige que $\frac{\psi(a)}{m+1}$ soit un résidu quadratique, — ou bien

$$R + r \equiv -\psi(a), \quad -mR + r \equiv 0,$$

d'où

$$R \equiv \frac{-\psi(a)}{m+1}, \quad r \equiv \frac{-m\psi(a)}{m+1}, \quad \frac{-\psi(a)}{m+1} \text{ étant résidu.}$$

Dans ce groupe Γ_r les indices

$$\psi(R+a) - \psi(a) \quad \text{et} \quad \psi(-mR+a) - \psi(a)$$

doivent être conjugués, ce qui donne, pour chaque valeur de R , une nouvelle détermination de r , qui doit s'accorder avec la précédente. Je prends d'abord les valeurs de R qui rendent l'un des deux nombres infini; l'autre devient alors égal à r ; en supposant a résidu, $R \equiv \frac{a}{m}$, on trouve

$$r \equiv \psi\left(\frac{m+1}{m}a\right) - \psi(a);$$

si au contraire a est non-résidu, faisant $R \equiv -a$, on a

$$r \equiv \psi((m+1)a) - \psi(a).$$

Pour discuter ces résultats, il faut distinguer deux cas, suivant que $m+1$ est résidu ou non résidu.

A. Si $m+1$ est résidu, et qu'on suppose que a soit également résidu, $\frac{-\psi(a)}{m+1}$ l'est aussi, donc on a

$$r \equiv \frac{-m\psi(a)}{m+1} \equiv \psi\left(\frac{m+1}{m}a\right) - \psi(a),$$

ce qui donne, en y substituant les valeurs de la fonction ψ :

$$(m+1)^{q+1} \equiv m^q.$$

En faisant au contraire a non-résidu, $\frac{\psi(a)}{m+1}$ est résidu, donc

$$r \equiv -\frac{\psi(a)}{m+1} \equiv \psi((m+1)a) - \psi(a),$$

d'où l'on tire

$$(m+1)^{q+1} \equiv m, \text{ et par conséquent, } m^{q-1} \equiv 1.$$

B. Si $m+1$ est non-résidu, on a, en faisant a résidu,

$$r \equiv \frac{-\psi(a)}{m+1} \equiv \psi\left(\frac{m+1}{m}a\right) - \psi(a), \text{ d'où } (m+1)^{q+1} \equiv m^{2q+2},$$

et, en faisant a non-résidu,

$$r \equiv \frac{-m\psi(a)}{m+1} \equiv \psi((m+1)a) - \psi(a), \text{ d'où } (m+1)^{e+1} \cdot m^{e+1} \equiv 1.$$

Dans ce cas il faut donc que

$$(m+1)^{3(e+1)} \equiv m^{3(e+1)} \equiv 1, \quad (m+1)^{e+1} \equiv m^{2(e+1)}.$$

Pour que les valeurs de r qu'on trouve en supposant R différent de $-a$ et de $\frac{a}{m}$, s'accordent avec les valeurs déjà trouvées, il faut, ou que

$$\psi(R+a) - \psi(a) \equiv R_1 + r; \quad \psi(-mR+a) - \psi(a) \equiv -mR_1 + r,$$

ce qui exige que

$\psi(R+a) - (\psi(a) + r)$ soit résidu, et $\psi(-mR+a) - (\psi(a) + r)$ non résidu, et donne

$$(3) \quad m\psi(R+a) + \psi(-mR+a) \equiv (m+1)(\psi(a) + r),$$

ou bien que

$$\psi(R+a) - \psi(a) \equiv -mR_1 + r, \quad \psi(-mR+a) - \psi(a) \equiv R_1 + r,$$

ce qui exige que

$\psi(R+a) - (\psi(a) + r)$ soit non-résidu, et $\psi(-mR+a) - (\psi(a) + r)$ résidu, et donne

$$(4) \quad \psi(R+a) + m\psi(-mR+a) \equiv (m+1)(\psi(a) + r).$$

Les congruences (3) et (4) coïncident quand m est égal à l'unité. Je vais d'abord prouver que cette supposition est inadmissible. En effet, on aurait

$$r \equiv -\frac{1}{2} \psi(a),$$

et par conséquent

$$\psi(R+a) + \psi(-R+a) \equiv \psi(a);$$

de plus l'expression de la substitution ψ deviendrait simplement

$$\psi = (\infty \ 0) \cdot | \begin{smallmatrix} k & -k^e \\ & \end{smallmatrix} |$$

sans distinction des résidus et des non-résidus; donc on aurait

$$(a+k)^e + (a-k)^e \equiv a^e,$$

ou bien

$$(1+z)^e + (1-z)^e \equiv 1,$$

congruence qui devrait être satisfaite par toute valeur finie de z , excepté 0, 1 et -1 ; par suite son degré $q-1$ ne pourrait être moindre que $p-3$; donc $q = p-2$, et

$$\frac{1}{1+z} + \frac{1}{1-z} \equiv 1,$$

ce qui a bien lieu pour $p=5$, mais qui est absurde pour les valeurs plus grandes. Cela posé, je reprends les deux cas A et B.

A. $m+1$ est résidu quadratique; on a $m^{q-1} \equiv 1$, $(m+1)^{q+1} \equiv m$,

$$\psi = (\infty 0).|R - R^q|.|N - \frac{N^q}{m^2}|.$$

En faisant $a=1$, $R=m$, on a

$$\frac{-\psi(a)}{m+1} \equiv \frac{1}{m+1}$$

ce qui est un résidu, donc

$$r \equiv \frac{m}{m+1}, \quad \psi(a) + r \equiv -\frac{1}{m+1}, \quad \psi(a+R) \equiv -(m+1)^q \equiv -\frac{m}{m+1}.$$

On a donc

$$\psi(a+R) - (\psi(a) + r) \equiv -\frac{m-1}{m+1}.$$

Or $m-1$ n'est pas nul, et on peut le supposer résidu; car dans le cas contraire on n'aura qu'à remplacer m par $\frac{1}{m}$, ce qui est permis; en employant, par conséquent, la congruence (4), on trouve

$$(m-1)^q \equiv -1,$$

ce qui est impossible, $m-1$ étant supposé résidu. Donc le cas A ne peut avoir lieu.

B. $m+1$ est non-résidu; on a

$$(m+1)^{3(q+1)} \equiv m^{3(q+1)} \equiv 1, \quad (m+1)^{q+1} \cdot m^{q+1} \equiv 1.$$

Ces congruences peuvent être satisfaites de deux manières: on peut faire $(m+1)^{q+1} \equiv m^{q+1} \equiv 1$, ou $m^{q+1} \equiv \alpha$, $(m+1)^{q+1} \equiv \alpha^2$, $\alpha^2 + \alpha + 1 \equiv 0$. Il faut examiner séparément ces deux suppositions:

a) On a $m^{q+1} \equiv (m+1)^{q+1} \equiv 1$; l'expression de ψ se réduit à

$$\psi = (\infty 0).|k - k^q|.$$

Si maintenant 2 est résidu quadratique, faisons d'abord $a=1$, $R=m$, et supposons $m-1$ non-résidu. Puisque $\frac{\psi(a)}{m+1}$ est résidu, on a

$$r \equiv -\frac{\psi(a)}{m+1} \equiv \frac{1}{m+1}, \quad \psi(a) + r \equiv -\frac{m}{m+1},$$

$$\psi(a+R) - (\psi(a) + r) \equiv \frac{m-1}{m+1}.$$

Ce dernier nombre étant un résidu, il faut employer la congruence (3), qui donne

$$(m-1)^q \equiv -m^2$$

d'où

$$(m-1) \equiv -m^{2q} \equiv -\frac{1}{m^2};$$

donc on a

$$(5) \quad (m-1)^{q+1} \equiv 1, \quad m^3 - m^2 + 1 \equiv 0.$$

Puis faisons $a = -m$, $R = m^2$; $\frac{\psi(a)}{m+1}$ étant alors non-résidu on a

$$r \equiv \frac{-m\psi(a)}{m+1} \equiv \frac{-1}{m+1}, \quad \psi(a) + r \equiv \frac{1}{m(m+1)},$$

$$\psi(a+R) - (\psi(a) + r) \equiv \frac{-2}{m^2-1};$$

Comme -2 , $m+1$, $m-1$ sont supposés non-résidus, le second membre l'est aussi; il faut donc employer la congruence (4); on en tire

$$(m^2+1)^q \equiv \frac{1}{m-1}, \quad \text{d'où } m^2+1 \equiv m-1$$

donc

$$(6) \quad m^2 - m + 2 \equiv 0.$$

En éliminant m entre (5) et (6) on trouve $7 \equiv 0$, $2m \equiv 1$, c'est-à-dire qu'on a

$$p = 7, \quad m = 4.$$

Ayant de plus

$$q^2 - 1 \equiv 0 \pmod{6}$$

on conclut que $q = \pm 1$; mais puisque $m^{q+1} \equiv 1$, il faut prendre $q = -1$. Donc enfin on a

$$\psi = \left| k - \frac{1}{k} \right|,$$

ce qui fait voir que Γ devient le groupe de l'équation modulaire de 8^{ième} degré, le discriminant étant adjoint; G devient donc le groupe de la réduite du 7^{ième} degré.

Si, au contraire, 2 est non-résidu, je suppose $m-1$ résidu, et fais $a = -m^2$, $R = 1$; $\frac{\psi(a)}{m+1}$ devient non-résidu, donc

$$r \equiv \frac{-m\psi(a)}{m+1} \equiv -\frac{1}{m(m+1)}, \quad \psi(a) + r \equiv \frac{1}{m^2(m+1)},$$

$$\psi(-mR + a) - (\psi(a) + r) \equiv \frac{m-1}{m^2(m+1)},$$

ce qui est un non-résidu; la congruence (3) donne :

$$(m-1)^q \equiv \frac{1}{m^3}, \text{ d'où } m-1 \equiv \frac{1}{m^{3q}} \equiv m^3$$

donc

$$(7) \quad m^3 - m + 1 \equiv 0.$$

On a de plus

$$(m-1)^{q+1} \equiv 1,$$

comme dans le cas précédent; puisque en outre le nombre $\frac{-2}{m^2-1}$ persiste à être non-résidu, la supposition $a = -m$, $R = m^2$ conduit, comme plus haut, à la congruence (6). En combinant celle-ci avec (7) on a

$$p = 11, m = 5, q = \pm 1;$$

mais il faut prendre le signe inférieur, n'ayant pas $5^2 \equiv 1$; donc

$$\psi = \left| k - \frac{1}{k} \right|.$$

On est ainsi conduit au groupe de l'équation modulaire du 12^{ième} degré, et à celui de sa réduite du 11^{ième}.

b) On a $m^{q+1} \equiv \alpha$, $(m+1)^{q+1} \equiv \alpha^2$, $\alpha^2 + \alpha + 1 \equiv 0$, $\alpha^{q-1} \equiv 1$,

$$\psi = (\infty 0) \cdot |R - R^q| \cdot |N - \alpha^2 N^q|,$$

et, puisque α est évidemment un résidu,

$$\psi(\alpha) \equiv -\alpha, \quad \psi(\alpha^2) \equiv -\alpha^2, \quad \psi(-\alpha) \equiv 1, \quad \psi(-\alpha^2) \equiv \alpha.$$

Le nombre m ne peut pas être congru à α , car cela donnerait $\alpha^2 \equiv \alpha$, et par suite $m^{q+1} \equiv (m+1)^{q+1}$ contre l'hypothèse; $m - \alpha$ est donc un résidu ou un non-résidu, mais il suffit de considérer l'un de ces deux cas, puisque en changeant m en $\frac{1}{m}$, $\alpha - m$ est remplacé par $\frac{m-\alpha}{m\alpha}$, nombre qui a le caractère contraire. Je supposerai $\alpha - m$ résidu.

Soit $R = 1$, $a = \alpha$; $\frac{\psi(a)}{m+1}$ est un résidu, donc

$$r \equiv \frac{-\psi(a)}{m+1} \equiv \frac{\alpha}{m+1}, \quad \psi(a) + r \equiv -\frac{\alpha m}{m+1},$$

$$\psi(R + a) - (\psi(a) + r) \equiv \frac{(2m+1)\alpha}{m+1}.$$

Le nombre $2m+1$ ne peut être congru à zéro, car on aurait alors $m \equiv -\frac{1}{2}$, $m+1 \equiv \frac{1}{2}$, et par conséquent $(m+1)^{q+1} \equiv m^{q+1}$, ce qui est contre l'hypothèse. Il faut donc employer la congruence (4) ou (3) selon que $2m+1$ est résidu ou non-résidu. Dans le premier cas on est conduit à la congruence

$$(\alpha - m)^q \equiv \frac{\alpha(m+1)}{m},$$

qui est en contradiction avec la supposition faite plus haut, que $\alpha - m$ soit un résidu. La congruence (3) donne

$$(8) \quad (\alpha - m)^q \equiv 2\alpha m,$$

ce qui montre que 2 doit être un résidu.

Soit ensuite $a = -1$, $R \equiv \frac{\alpha}{m}$; on trouve

$$r \equiv -\frac{m\alpha^2}{m+1}; \quad \psi(a) + r \equiv \frac{\alpha^2}{m+1}; \quad \psi(-mR + a) - (\psi(a) + r) \equiv -\frac{m+2}{m+1}\alpha^2.$$

Or $m+2$ ne peut être congru à zéro, car cela donnerait $(m+1)^{q+1} \equiv 1$. On a donc la congruence (3) ou (4) suivant que $m+2$ est non-résidu ou résidu. Mais dans le premier cas on aurait

$$(\alpha - m)^q \equiv -2\alpha^2 m^{q-1},$$

ce qui est impossible, le second membre étant non-résidu. Dans le second cas on a

$$(\alpha - m)^q \equiv -\frac{m+1}{m}. \text{ d'où } \alpha - m \equiv -\frac{m\alpha}{m+1}$$

et, en vertu de la congruence (8),

$$\alpha \equiv -\frac{m+1}{2m^2}.$$

En éliminant α on trouve

$$2m^3 + 2m + 1 \equiv 0,$$

et en reportant la valeur de α dans la congruence $\alpha^2 + \alpha + 1 \equiv 0$:

$$4m^4 - 2m^3 - m^2 + 2m + 1 \equiv 0.$$

Des deux dernières congruences on tire enfin

$$p = 7, \quad m = 2, \quad q = \pm 1;$$

mais il faut prendre le signe supérieur à cause de la congruence $\alpha^2 + \alpha + 1 \equiv 0$. Ces valeurs donnent un groupe Γ de l'ordre 8.7.3, qui est identique à celui dont les substitutions s'expriment par la formule

$$|z \quad az^{2^u} + b|,$$

l'indice z et les constantes a et b vérifiant la congruence

$$z^8 \equiv z \pmod{2}.$$

Mais le groupe G correspondant est seulement de l'ordre 7.3.

J'ai donc démontré que la famille des groupes du degré premier p et de l'ordre $\frac{1}{2}(p+1)p(p-1)$ est épuisée par les trois groupes connus des degrés 5, 7, 11.

III.

Il paraît difficile de traiter la question d'une manière générale par le moyen qui a été suffisant dans le cas du paragraphe précédent. Pour les degrés spéciaux il semble préférable de traiter directement le groupe G , au lieu de son isomorphe Γ . En supposant $p > 11$, il faut que π soit moindre que $\frac{1}{2}(p-1)$, c'est-à-dire qu'il soit $\leq \frac{1}{6}(p-1)$. Donc $\frac{1}{2}(p-1)$ ne peut pas être un nombre premier. De plus le groupe G_0 est *intransitif*, puisque son ordre ne peut être divisible par $p-1$. Les lettres $x_1 x_2 \dots x_{p-1}$ se répartissent donc, par rapport à G_0 , en plusieurs systèmes de transitivité. Je désigne dans la suite, par l'expression «groupe partiel» d'un système, le groupe des substitutions entre les lettres du système en question, qu'on obtient par les substitutions de G_0 , sans avoir égard aux autres lettres. Le degré de chaque système est un multiple de π ; cela découle immédiatement de l'existence de la substitution t . L'ordre de son groupe partiel est divisible par tout diviseur premier de $p+1$, et par conséquent son degré dépasse le plus grand diviseur premier de $p+1$. En effet, si q

est un diviseur premier de $p + 1$, G_0 contient une substitution de l'ordre q , et en vertu d'un théorème de *M. Jordan* (Traité des subst. p. 285) chacune des lettres x_1, x_2, \dots, x_{p-1} doit être déplacée par une substitution de cet ordre.

On peut démontrer que $\frac{1}{4}(p + 1)$ ne peut pas être un nombre premier. Pour les degrés plus grands que 19 cela suit presque immédiatement d'un autre théorème de *M. Jordan*, d'après lequel G ne peut contenir aucune substitution à r cycles de l'ordre premier q , si $p > qr + r + 1$, r étant < 6 , et $q > r$; voyez le Bulletin de la Soc. math. t. I. p. 217—221, où *M. Jordan* a donné la démonstration détaillée pour $r = 2$, en ajoutant qu'elle est analogue pour les trois autres cas. En effet, si $q = \frac{1}{4}(p + 1)$, r est au plus égal à 3, et on a $p > 3q + 4$, si $p > 19$.

Mais on peut aussi établir la proposition de la manière suivante. En faisant $q = \frac{1}{4}(p + 1)$, le degré de l'un des systèmes, au moins, est inférieur à $2q$; soit $m\pi$ le degré de ce système, H son groupe partiel. Un groupe transitif du degré n , dont l'ordre est divisible par un nombre premier q contenu entre $n - 2$ et $\frac{1}{2}n$, contient le groupe alterné; car il doit être au moins $n - q + 1$ fois transitif (*Jordan*, Traité des subst. p. 284), et il ne peut être plus de 3 fois transitif, sans contenir le groupe alterné (*Jordan*, Bull. de la Soc. math. t. I. p. 41). Or l'ordre de H est divisible par q , et l'on a $q > \frac{1}{2}m\pi$; donc, si l'on avait

$$q < m\pi - 2,$$

l'ordre de H serait égal à $(m\pi)!$ ou à $\frac{1}{2}(m\pi)!$; mais il est égal ou inférieur à $4q\pi$ et par suite inférieur à $\frac{4}{3}q(2q - 1)$, puisque $\pi \leq \frac{2q - 1}{3}$, donc on aurait

$$\frac{4}{3}q(2q - 1) > \frac{1}{2}(m\pi)! > \frac{1}{2}(q + 2)!$$

ce qui est impossible.

Comme $m\pi$ divise l'ordre de H , qui à son tour divise $4q\pi$, m est un diviseur de $4q$. Mais $\pi \geq 3$, $m\pi < 2q$, donc $m < q$; de plus on a $m > 1$, puisque autrement $m\pi$ serait inférieur à q . Donc m est égal à 2 ou à 4. Il s'ensuit que q ne peut être égal à $m\pi - 2$.

Si l'on suppose $q = m\pi - 1$, le nombre π , divisant $q + 1$ et $2q - 1$, est égal à 3, donc on a, ou

$$m = 2, \quad q = 5, \quad p = 19$$

ou

$$m = 4, \quad q = 11, \quad p = 43.$$

La dernière supposition nécessiterait un groupe partiel du degré 12 et de l'ordre 12.11; mais un tel groupe n'existe pas. Reste le degré 19, qui demande d'autres considérations.

Soit donc $p = 19$, $\pi = 3$; le groupe G_0 est de l'ordre 60; chacune de ses substitutions du cinquième ordre est à trois cycles, sans quoi G devrait contenir le groupe alterné. Désignons par x_i les lettres du premier système de G_0 , celui qui est du degré 6, par y_i, z_i les autres douze lettres, l'indice i variant de 0 à 5, et soit enfin u la lettre non déplacée par G_0 . Or G_0 contient six sous-groupes de l'ordre 5, chacun d'eux laissant invariables, outre u , trois autres lettres, dont l'une des x_i . L'ordre de H est 60, comme celui de G_0 , puisqu'il est divisible par 6 et par 5, et qu'il n'existe pas de groupe du degré 6 et de l'ordre 30. Donc G_0 ne contient pas de substitutions qui laissent les x_i invariables, en déplaçant les y_i, z_i . Cela étant, il est facile de voir, qu'on peut supposer les x_i, y_i, z_i rangées dans un tel ordre, que les lettres non déplacées par chaque substitution du cinquième ordre de G_0 , ont le même indice.

Soit maintenant S une substitution de l'ordre 19 appartenant à G ; prenons-en trois puissances différentes qui remplacent x_0 par une autre des lettres x_i , et soit a_ρ la lettre qui dans l'expression de l'une d'elles précède u , b_σ celle qui précède a_ρ , a et b pouvant être indistinctement x, y ou z , seulement a_ρ ne sera pas x_0 . Dans l'une, au moins, de ces trois puissances de S , l'indice ρ est différent de 0; soit

$$S^r = (\dots b_\sigma a_\rho u \dots x_0 x_\tau \dots)$$

cette substitution. Désignons en outre par T une substitution du cinquième ordre de G_0 qui ne déplace pas x_ρ, y_ρ, z_ρ , mais qui contienne, par conséquent, dans un de ses cycles, x_0 avec 4 autres des x , et soit C ce cycle. Or $S^{-r} T S^r$, ne déplaçant pas u , est contenu dans G_0 , et par conséquent l'un de ses cycles, le transformé de C , contient x_τ avec 4 autres des x_i , ce qui fait voir que dans l'expression de S^r cinq des lettres x sont suivies par des x :

$$S^r = (\dots b_\sigma a_\rho u \dots x_\alpha x_\beta x_\gamma x_\delta x_\epsilon x_\zeta \dots).$$

Soit maintenant T_1 une substitution du cinquième ordre de G_0 qui ne déplace pas b_σ , $S^{-2r} T_1 S^{2r}$ appartient aussi à G_0 ; mais l'un de ses cycles contient évidemment 4 ou 3 des x avec une ou deux lettres étrangères au premier système. Mais cela est absurde; il n'existe donc aucun groupe du degré 19 et de l'ordre 20.19.3.

En faisant l'inspection des nombres premier de la forme $4k + 3$ de la première centaine, on voit que 23, 47, 59, 83 doivent être rejetés parce que $\frac{1}{2}(p - 1)$ est premier, — 43, 67 parce que $\frac{1}{4}(p + 1)$ est premier. Au dessous de cent il ne reste donc que les degrés 31, 71, 79 pour lesquels un groupe de l'ordre $p(p + 1)\pi$ serait possible. J'ai fait l'examen du degré 31: il n'existe aucun groupe de l'ordre $32.31.5$ ni de l'ordre $32.31.3$; mais j'omet cette analyse assez longue.

Sur
la théorie des congruences
différentielles linéaires

Par

Alf Guldberg

Videnskabselskabets Skrifter. I. Matematisk-naturv. Klasse 1897. No. 10

LIBRARY
NEW YORK
BOTANICAL
GARDEN



Christiania

En commission chez Jacob Dybwad

Imprimerie de A. W. Brogger

1897

Sur la théorie des congruences différentielles linéaires

par

Alf Guldberg.

La théorie des congruences algébriques, devinée par *Gauss*, créée par le génie immortel de *Galois*, développée et complétée par les illustres géomètres *Schoenemann*, *Cauchy*, *Serret* et *Dedekind*, est une généralisation élégante de la théorie des congruences arithmétiques.

Nous nous proposons dans la présente communication d'établir une théorie des congruences différentielles linéaires, fondée sur les principes mêmes servant de base à la théorie des congruences algébriques et à la théorie des congruences arithmétiques.

Dans un premier chapitre, nous définissons d'abord ce que nous comprenons par le produit de deux expressions différentielles linéaires. Nous montrons ensuite qu'une expression différentielle linéaires à coefficients entiers suivant un module premier est subie aux mêmes lois qu'un nombre entier. En particulier il existe pour les expressions différentielles linéaires, suivant un module premier, un algorithme tout à fait analogue à l'algorithme d'Euclide pour trouver le plus grand commun diviseur de deux nombres donnés.

Dans un second chapitre, nous définissons premièrement ce qu'on comprend par une congruence différentielle linéaire, suivant un double module, et nous développons les propositions les plus élémentaires sur d'une telle congruence. Après avoir introduit les notions d'un «système complet de restes», suivant un double module et de la «solution» d'une congruence différentielle linéaire du *n*^{ième} degré, nous démontrons quelques propositions sur des congruences du premier degré. Ensuite nous exposons les géné-

ralisations des théorèmes de *Fermat* et de *Wilson*, et finissons par quelques remarques sur les «solutions primitives» et sur les «indices».

M. Picard m'a fait l'honneur de présenter pour moi à l'Académie des Sciences, dans la séance du 4 octobre 1897 les résultats qui font la base de cette communication.

Chapitre I.

§ 1. Définition du produit de deux expressions différentielles linéaires:

$$\sum_0^n a_i \frac{d^i y}{dx^i} \cdot \sum_0^m b_j \frac{d^j y}{dx^j}.$$

1. Dans l'expression différentielle linéaire à coefficients entiers:

$$D_1 y = a_n \frac{d^n y}{dx^n} + a_{n-1} \frac{d^{n-1} y}{dx^{n-1}} + \dots + a_1 \frac{dy}{dx} + a_0 y,$$

nous écrivons avec *Boole* symboliquement $\frac{d}{dx} y$ pour $\frac{dy}{dx}$ et $\frac{d^2}{dx^2} \cdot y$ pour $\frac{d^2 y}{dx^2}$ etc. On peut donc écrire l'expression différentielle linéaire $D_1 y$ sous la forme:

$$D_1 y = (a_n \frac{d^n}{dx^n} + a_{n-1} \frac{d^{n-1}}{dx^{n-1}} + \dots + a_1 \frac{d}{dx} + a_0) \cdot y = \sum_0^n a_i \frac{d^i}{dx^i} \cdot y.$$

Nous avons aussi pour l'expression $D_2 y = \sum_0^m b_j \frac{d^j y}{dx^j}$:

$$D_2 y = (b_m \frac{d^m}{dx^m} + b_{m-1} \frac{d^{m-1}}{dx^{m-1}} + \dots + b_1 \frac{d}{dx} + b_0) \cdot y = \sum_0^m b_j \frac{d^j}{dx^j} \cdot y.$$

Si nous représentons par $f\left(\frac{d}{dx}\right)$ une expression $a_n \frac{d^n}{dx^n} + a_{n-1} \frac{d^{n-1}}{dx^{n-1}} + a_{n-2} \frac{d^{n-2}}{dx^{n-2}} + \dots + a_1 \frac{d}{dx} + a_0$, nous aurons le théorème important, démontré par *Boole*:

Dans chaque fonction $f\left(\frac{d}{dx}\right)$ on peut regarder $\frac{d}{dx}$ comme une quantité constante.

On aura donc, par exemple :

$$(d) \quad a_n \frac{d^n}{dx^n} + a_{n-1} \frac{d^{n-1}}{dx^{n-1}} + \dots + a_1 \frac{d}{dx} + a_0 = a_n \left(\frac{d}{dx} - m_1 \right) \left(\frac{d}{dx} - m_2 \right) \dots \left(\frac{d}{dx} - m_n \right),$$

où les m sont les n racines de l'équation algébrique :

$$m^n + \frac{a_{n-1}}{a_n} m^{n-1} + \frac{a_{n-2}}{a_n} m^{n-2} + \dots + \frac{a_1}{a_n} m + \frac{a_0}{a_n} = 0.$$

2. Cela posé, nous définissons le produit de deux expressions différentielles linéaires $D_1 y = \sum_0^n a_i \frac{d^i y}{dx^i}$ et $D_2 y = \sum_0^m b_j \frac{d^j y}{dx^j}$ par l'équation :

$$D_1 y \cdot D_2 y = \sum_0^n a_i \frac{d^i}{dx^i} \cdot y \cdot \sum_0^m b_j \frac{d^j}{dx^j} \cdot y = \sum_0^n a_i \frac{d^i}{dx^i} \cdot \sum_0^m b_j \frac{d^j}{dx^j} \cdot y = D_3 y.$$

De cette définition résulte immédiatement, à cause du théorème cité, que l'ordre des facteurs dans un produit d'expressions différentielles linéaires à coefficients constants est indifférent.

En particulier, si l'on a $D_1 y = D_2 y$, le produit $D_1 y \cdot D_2 y$ sera :

$$D_1 y \cdot D_1 y = D_1^2 y = \left[\sum_0^n a_i \frac{d^i}{dx^i} \right]^2 \cdot y.$$

Donnons, pour fixer les idées, quelques exemples.

Ex. 1. Soit $D_1 y = \frac{dy}{dx} + ay$ et $D_2 y = \frac{dy}{dx} + by$, on aura :

$$\begin{aligned} \left(\frac{dy}{dx} + ay \right) \left(\frac{dy}{dx} + by \right) &= \left(\frac{d}{dx} + a \right) \left(\frac{d}{dx} + b \right) \cdot y = \\ &= \left(\frac{d^2}{dx^2} + (a+b) \frac{d}{dx} + ab \right) \cdot y = \frac{d^2 y}{dx^2} + (a+b) \frac{dy}{dx} + aby. \end{aligned}$$

Ex. 2. Soit $D_1 y = D_2 y = \frac{dy}{dx} + ay$, on aura :

$$\left(\frac{dy}{dx} + ay \right)^2 = \left(\frac{d}{dx} + a \right)^2 \cdot y = \left(\frac{d^2}{dx^2} + 2a \frac{d}{dx} + a^2 \right) \cdot y = \frac{d^2 y}{dx^2} + 2a \frac{dy}{dx} + a^2 y.$$

§ 2. *Développement de l'analogie qui existe entre une expression différentielle linéaire suivant un module premier p et un nombre entier.*

1. Considérons une expression différentielle linéaire à coefficients entiers :

$$Dy = \sum_1^n a_i \frac{d^i y}{dx^i} = a_n \frac{d^n y}{dx^n} + a_{n-1} \frac{d^{n-1} y}{dx^{n-1}} + \dots + a_1 \frac{dy}{dx} + a_0 y,$$

et examinons les propriétés d'une telle expression suivant un module premier p .

Nous disons que deux expressions différentielles linéaires:

$$D_1 y = \sum_0^n a_i \frac{d^i y}{dx^i} \text{ et } D_2 y = \sum_0^m b_j \frac{d^j y}{dx^j},$$

sont congrues suivant le module premier p , lorsque dans la différence $D_1 y - D_2 y$ tous les coefficients de $y, \frac{dy}{dx}, \frac{d^2 y}{dx^2}, \dots, \frac{d^r y}{dx^r}$ (r étant le plus grand des deux nombres n et m) sont divisibles par p ; c'est à dire lorsque l'on a:

$$D_1 y - D_2 y = p \cdot D_3 y = p \cdot \sum_0^r c_i \frac{d^i y}{dx^i},$$

équation que nous exprimons par la formule:

$$D_1 y \equiv D_2 y \pmod{p}.$$

De cette définition d'une congruence différentielle linéaire, il s'ensuit que l'on peut différencier une congruence donnée:

$$D_1 y \equiv D_2 y \pmod{p}.$$

Les propositions de la théorie des congruences arithmétiques se retrouvent immédiatement.

Il est clair, tout d'abord, que si l'on a:

$$D_1 y \equiv D_2 y \pmod{p}$$

$$D_2 y \equiv D_3 y \pmod{p}$$

il en résulte:

$$D_1 y \equiv D_3 y \pmod{p}.$$

Si l'on désigne par α, β, γ des nombres entiers et si l'on a:

$$D_1 y \equiv D_2 y \pmod{p}$$

$$D_3 y \equiv D_4 y \pmod{p}$$

$$D_5 y \equiv D_6 y \pmod{p},$$

on a aussi:

$$\alpha D_1 y + \beta D_3 y + \gamma D_5 y \equiv \alpha D_2 y + \beta D_4 y + \gamma D_6 y \pmod{p}.$$

En particulier, on peut ajouter ou retrancher membre à membre deux congruences différentielles linéaires de même module.

Il est également permis de multiplier membre à membre deux ou plusieurs congruences différentielles linéaires de même module; des congruences écrites plus haut, par exemple, on déduit:

$$D_1 y \cdot D_3 y \cdot D_5 y \equiv D_2 y \cdot D_4 y \cdot D_5 y \pmod{p}$$

et plus généralement:

$$D_1^l y \cdot D_3^n y \cdot D_5^m y \equiv D_2^l y \cdot D_4^n y \cdot D_5^m y \pmod{p}$$

l, n, m étant des exposants entiers et positifs.

2. Si dans l'expression différentielle linéaire:

$$Dy = \sum_0^m a_i \frac{d^i y}{dx^i}$$

n est l'ordre de la dérivée la plus haute, dont le coefficient a_n ne soit pas divisible par p , on dit que Dy est de l'ordre n .

D'après cette définition, deux expressions différentielles linéaires, qui sont congrues suivant le module p , ont le même ordre, à supposer qu'elles ne sont pas congrues à zéro suivant le module p .

Soit n_1 l'ordre de l'expression différentielle $D_1 y$ et n_2 l'ordre de l'expression différentielle $D_2 y$, l'ordre du produit $D_1 y \cdot D_2 y$ sera $n_1 + n_2$. Car le coefficient de la $(n_1 + n_2)^{\text{me}}$ dérivée du produit $D_1 y \cdot D_2 y$, qui est le produit de deux nombres non divisibles par p , n'est pas non plus divisible par p .

Il suit de là que, si l'on a

$$D_1 y \cdot D_2 y \equiv 0 \pmod{p}$$

il faudra que

$$D_1 y \equiv 0 \pmod{p}, \text{ ou } D_2 y \equiv 0 \pmod{p},$$

ou $D_1 y$ ainsi que $D_2 y$ soient congrus à zéro suivant le module p . Voici la proposition: *un produit d'expressions différentielles linéaires, suivant le module p , ne peut être nul que si l'une des expressions différentielles est nulle.*

[Nul signifiant congru à zéro suivant le module p].

Car soit:

$$D_1 y = \left(a_n \frac{d^n}{dx^n} + a_{n-1} \frac{d^{n-1}}{dx^{n-1}} + \dots + a_1 \frac{d}{dx} + a_0 \right) y$$

$$D_2 y = \left(b_m \frac{d^m}{dx^m} + b_{m-1} \frac{d^{m-1}}{dx^{m-1}} + \dots + b_1 \frac{d}{dx} + b_0 \right) y,$$

le produit $D_1 y \cdot D_2 y$ est donc :

$$\begin{aligned} D_1 y \cdot D_2 y = & \left\{ a_n b_m \frac{d^{n+m}}{dx^{n+m}} + [a_n b_{m-1} + a_{n-1} b_m] \frac{d^{n+m-1}}{dx^{n+m-1}} + \right. \\ & + [a_n b_{m-2} + a_{n-1} b_{m-1} + a_{n-2} b_m] \frac{d^{n+m-2}}{dx^{n+m-2}} + \\ & \left. + \dots [a_1 b_0 + a_0 b_1] \frac{d}{dx} + a_0 b_0 \right\} y. \end{aligned}$$

Si l'on a :

$$D_1 y \cdot D_2 y \equiv 0 \pmod{p}$$

il faut que tous les $(n + m + 1)$ coefficients du produit $D_1 y \cdot D_2 y$ soient divisibles par p , ce qui donne $n + m + 1$ équations pour les $n + m + 2$ coefficients $a_n \dots a_0, b_m \dots b_0$, d'où on tire facilement que tous les a sont divisibles par p , ou tous les b sont divisibles par p . c. q. f. d.

Soit

$$D_1 y \cdot D_2 y \equiv D_3 y \cdot D_4 y \pmod{p}$$

et

$$D_1 y \equiv D_3 y \equiv 0 \pmod{p}^*$$

on aura :

$$D_2 y \equiv D_4 y \pmod{p}.$$

Car on a :

$$D_1 y \cdot D_2 y \equiv D_1 y \cdot D_4 y \pmod{p}$$

ou

$$D_1 y (D_2 y - D_4 y) \equiv 0 \pmod{p}$$

et d'après la proposition précédente :

$$D_2 y - D_4 y \equiv 0 \pmod{p}. \quad \text{c. q. f. d.}$$

Cette proposition fait voir la possibilité de diviser deux congruences différentielles linéaires de même module.

3. Parmi le nombre infini d'expressions différentielles linéaires $Dy = \sum_0^n a_i \frac{d^i y}{dx^i}$ d'ordre n , il y a un nombre fini d'expressions qui sont *incongrues* suivant le module p . Ce nombre se déduit par la remarque, que les coefficients $a_0, a_1 \dots a_{n-1}$ dans l'expression $Dy \pmod{p}$ passent par les p nombres $0, 1, 2 \dots p-1$, les coefficients a_n seulement par les $p-1$ nombres $1, 2 \dots p-1$. Le nombre des expressions différentielles linéaires d'ordre n *incongrues* suivant le module p est $p^n(p-1)$.

4. Si les trois expressions différentielles linéaires $D_1 y, D_2 y, D_3 y$ satisfont à la congruence :

* Le signe \equiv signifiera qu'une quantité n'est pas congruente à une autre quantité.

$$D_1 y \equiv D_2 y \cdot D_3 y \pmod{p},$$

on dit que les expressions $D_2 y$ et $D_3 y$ sont *diviseurs* ou *facteurs*, suivant le module p , de l'expression $D_1 y$, ou que l'expression $D_1 y$ est *divisible*, suivant le module p , par les expressions $D_2 y$ et $D_3 y$.

En particulier, on voit que toute expression Dy est divisible par les $p-1$ nombres $a_1 a_2 \dots a_{p-1}$ d'un système complet de restes premiers avec p . Car on peut toujours trouver un nombre x tel que la congruence :

$$a_i x \equiv 1 \pmod{p}$$

soit satisfaite. On aura donc pour toute expression Dy :

$$Dy \equiv a_i x \cdot Dy \pmod{p}.$$

Nous considérons les $p-1$ nombres $a_1 a_2 \dots a_{p-1}$ comme *des unités*.

Entre un système d'expressions différentielles linéaires *associées*

$$a_1 Dy, a_2 Dy, \dots, a_{p-1} Dy$$

on appelle *principale* l'expression, dans laquelle le coefficient de la dérivée la plus haute est congru à 1 suivant le module p .

5. L'analogie de l'algorithme d'Euclide pour trouver le plus grand commun diviseur de deux nombres donnés se retrouve facilement. Soient $D_1 y$ et $D_2 y$ deux expressions différentielles linéaires d'ordre n et m :

$$D_1 y = \sum_0^n a_i \frac{d^i}{dx^i} \cdot y = f_1 \left(\frac{d}{dx} \right) \cdot y$$

$$D_2 y = \sum_0^m b_i \frac{d^i}{dx^i} \cdot y = f_2 \left(\frac{d}{dx} \right) \cdot y.$$

Exécutons sur les polynômes f_1 et f_2 , où, d'après un théorème déjà cité, on doit regarder $\frac{d}{dx}$ comme une quantité constante, l'opération par laquelle on détermine le plus grand commun diviseur, en négligeant les termes multipliés par p et en ayant soin d'ajouter à chaque reste un polynôme de la forme $p \cdot \varphi \left(\frac{d}{dx} \right) \cdot y$. Si l'on suppose, pour fixer les idées, que l'ordre de $D_1 y$, c'est à dire le degré de $f_1 \left(\frac{d}{dx} \right)$, ne soit pas inférieur à celui de $D_2 y$, on aura cette suite de congruences :

d'où l'on voit que tout commun diviseur suivant le module p de $D_1y \cdot Dy$ et D_2y divise aussi $D_3y \cdot Dy$, $D_4y \cdot Dy$ suivant le module p et ainsi de suite: il divise $Ay \cdot Dy$, aussi c'est à dire Dy .

Corollaire: Si les expressions D_1y et Dy n'admettent point de diviseur commun avec l'expression D_2y , le produit $D_1y \cdot Dy$ n'admet pas non plus de diviseur commun avec l'expression D_2y .

Corollaire: Si les expressions D_1y et D_2y n'admettent point de diviseur commun suivant le module p , et si le produit $D_1y \cdot Dy$ est divisible suivant le module p par D_2y , l'expression Dy est divisible par D_2y .

7. Une expression différentielle linéaire Dy sera dite *irréductible* suivant le module premier p , si elle n'est pas divisible, suivant ce module, par aucune expression différentielle linéaire d'un ordre inférieur au sien, excepté les unités.

Théorème: Si une expression différentielle linéaire principale Dy , non congrue à zéro suivant le module p , n'est pas irréductible, elle sera décomposable d'une seule manière en facteurs principaux irréductibles.

Si l'expression Dy n'est pas irréductible, on peut toujours trouver un diviseur D_1y de Dy :

$$Dy \equiv D_1y \cdot D_1'y \pmod{p}.$$

Si l'expression D_1y n'est pas irréductible, on peut trouver un diviseur D_2y de D_1y ; si D_2y n'est pas irréductible on peut continuer ainsi jusqu'à ce qu'on trouve une expression irréductible D_ry , on aura alors:

$$Dy \equiv D_2'y \cdot D_ry \pmod{p}.$$

Si l'expression $D_2'y$ n'est pas irréductible, on continue de la même manière avec $D_2'y$ et on trouve à la fin la décomposition suivante pour l'expression Dy :

$$Dy \equiv D_1y \cdot D_2y \dots D_ry \pmod{p}.$$

Si'il existe une autre décomposition de Dy en facteurs principaux irréductibles:

$$Dy \equiv A_1y \cdot A_2y \dots A_sy \pmod{p}$$

on aura:

$$D_1y \cdot D_2y \dots D_ry \equiv A_1y \cdot A_2y \dots A_sy \pmod{p}.$$

Le facteur irréductible D_1y divise suivant le module p l'un des facteurs du second membre, A_1y par exemple, d'après le corollaire précédent, et en conséquence il est congruent à ce facteur, puisque celui-ci est lui-même irréductible. Remplaçant donc A_1y par D_1y , notre congruence prendra la forme:

$$D_1y \cdot D_2y \dots D_r y \equiv D_1y \cdot \Delta_2y \dots \Delta_q y \pmod{p}$$

d'où il résulte :

$$D_2y \cdot D_3y \dots D_r y \equiv \Delta_2y \cdot \Delta_3y \dots \Delta_q y \pmod{p}.$$

En poursuivant ce raisonnement, on voit que les facteurs $D_1y, D_2y, \dots, D_r y$ sont respectivement égaux à $\Delta_1y, \Delta_2y, \dots, \Delta_q y$ suivant le module p .

Remarque. Nous avons supposé dans notre démonstration, que l'expression différentielle linéaire donnée Dy était principale, mais puisque toute expression différentielle linéaire se change, en la multipliant par une unité, en une expression différentielle linéaire ayant le coefficient de la plus haute dérivée congruente à l'unité suivant le module p , notre théorème est valable pour toute expression différentielle linéaire.

Chapitre II.

§ 3. *Quelques théorèmes sur les congruences différentielles linéaires suivant un double module.*

1. Nous avons maintenant vu une expression différentielle linéaire Dy suivant un module premier p pour les propositions élémentaires sur les nombres entiers se retrouver complètement.

La théorie des nombres entiers se divise en deux grandes parties, la *théorie des congruences* et la *théorie des formes homogènes*. Il sera donc possible de développer sur les expressions différentielles linéaires suivant un module p deux différentes parties, une théorie des congruences et une théorie des formes homogènes. Nous nous bornons toutefois à exposer, dans les pages qui suivent, quelques théorèmes sur les congruences des expressions différentielles linéaires suivant un double module.

Soient données deux expressions différentielles linéaires :

$$Dy = \sum_0^n a_i \frac{d^i y}{dx^i} \text{ et } \Delta y = \sum_0^m b_i \frac{d^i y}{dx^i},$$

le fait que l'expression Dy est divisible suivant le module p par l'expression Δy s'exprimera par la formule :

$$Dy \equiv 0 \pmod{p \cdot \Delta y}$$

ce qui représente la congruence :

$$Dy \equiv D_1y \cdot \mathcal{A}y \pmod{p}.$$

D'une façon analogue la congruence :

$$D_1y \equiv D_2y \pmod{p \cdot \mathcal{A}y}$$

signifie que

$$D_1y \equiv D_3y \cdot \mathcal{A}y + D_2y \pmod{p}.$$

2. De cette définition d'une congruence différentielle linéaire suivant un double module $p \cdot \mathcal{A}y$ résultent immédiatement les propositions élémentaires de la théorie des congruences arithmétiques.

Il est clair que si l'on a :

$$D_1y \equiv D_2y \pmod{p \cdot \mathcal{A}y}$$

$$D_2y \equiv D_3y \pmod{p \cdot \mathcal{A}y}$$

il en résulte :

$$D_1y \equiv D_3y \pmod{p \cdot \mathcal{A}y}.$$

Addition et Soustraction. Si l'on a :

$$D_1y \equiv D_2y \pmod{p \cdot \mathcal{A}y}$$

$$D_3y \equiv D_4y \pmod{p \cdot \mathcal{A}y}$$

on aura aussi :

$$D_1y \pm D_3y \equiv D_2y \pm D_4y \pmod{p \cdot \mathcal{A}y}.$$

Les congruences proposées expriment, en effet, que :

$$D_1y \equiv D_1'y \cdot \mathcal{A}y + D_2y \pmod{p}$$

$$D_3y \equiv D_3'y \cdot \mathcal{A}y + D_4y \pmod{p}$$

donc :

$$D_1y \pm D_3y \equiv (D_1'y \pm D_3'y) \mathcal{A}y + D_2y \pm D_4y \pmod{p}$$

ou

$$D_1y \pm D_3y \equiv D_2y \pm D_4y \pmod{p \cdot \mathcal{A}y}.$$

c. q. f. d.

Multiplication. Soient deux congruences :

$$D_1y \equiv D_2y \pmod{p \cdot \mathcal{A}y}$$

$$D_3y \equiv D_4y \pmod{p \cdot \mathcal{A}y}$$

ou :

$$D_1y \equiv D_1'y \cdot \mathcal{A}y + D_2y \pmod{p}$$

$$D_3y \equiv D_3'y \cdot \mathcal{A}y + D_4y \pmod{p}.$$

On aura, en multipliant :

$$D_1y \cdot D_3y \equiv [D_1'y \cdot D_4y + D_3'y \cdot D_2y + D_1'y \cdot D_3'y \cdot Ay] Ay + \\ + D_2y \cdot D_4y \pmod{p}$$

ou :

$$D_1y \cdot D_3y \equiv D_2y \cdot D_4y \pmod{p \cdot Ay}.$$

On voit généralement que, si l'on a :

$$\begin{aligned} D_1y &\equiv D_2y \pmod{p \cdot Ay} \\ D_3y &\equiv D_4y \pmod{p \cdot Ay} \\ &\dots \dots \dots \\ D_{2n-1}y &\equiv D_{2n}y \pmod{p \cdot Ay} \end{aligned}$$

on aura aussi :

$$D_1y \cdot D_3y \dots D_{2n-1}y \equiv D_2y \cdot D_4y \dots D_{2n}y \pmod{p \cdot Ay}.$$

3. Si l'on a la congruence :

$$D_1y \cdot D_2y \equiv 0 \pmod{p \cdot Ay},$$

et si D_1y et Ay n'admettent point de diviseur commun, on aura :

$$D_2y \equiv 0 \pmod{p \cdot Ay}.$$

La congruence donnée exprime que :

$$D_1y \cdot D_2y \equiv D_1'y \cdot Ay \pmod{p}$$

lorsque D_1y et Ay n'admettent pas de diviseur commun, on aura :

$$D_2y \equiv D_2'y \cdot Ay \pmod{p}$$

ou

$$D_2y \equiv 0 \pmod{p \cdot Ay}.$$

On voit généralement que, si l'on a :

$$D_1y \cdot D_2y \equiv D_3y \cdot D_4y \pmod{p \cdot Ay}$$

et si $D_1y \equiv D_3y \pmod{p \cdot Ay}$, D_1y et Ay n'admettant pas de diviseur commun, on aura :

$$D_2y \equiv D_4y \pmod{p \cdot Ay}.$$

Quand $D_1y \equiv D_3y \pmod{p \cdot Ay}$, on a la congruence :

$$D_1y (D_2y - D_4y) \equiv 0 \pmod{p \cdot Ay}$$

et d'après la proposition précédente :

$$D_2y \equiv D_4y \pmod{p \cdot Ay}.$$

4. Si Dy est une expression quelconque et Δy une expression d'ordre n , on aura une congruence:

$$Dy \equiv D'y \cdot \Delta y + D_1 y \pmod{p}$$

où $D_1 y$ est d'un ordre inférieur à celui de Δy . L'expression générale de $D_1 y$ sera:

$$D_1 y = a_{n-1} \frac{d^{n-1} y}{dx^{n-1}} + a_{n-2} \frac{d^{n-2} y}{dx^{n-2}} + \dots + a_1 \frac{dy}{dx} + a_0 y$$

chacun des coefficients $a_{n-1} a_{n-2} \dots a_0$ étant susceptible de recevoir p valeurs différentes, par exemple: 0, 1, 3, ... $p-1$. L'expression $D_1 y$ peut avoir p^n valeurs distinctes. Ces p^n expressions constituent un système complet de restes suivant le double module $p, \Delta y$.

Lemme. Si l'on multiplie les termes d'un système complet de restes, suivant le double module $p, \Delta y$:

$$D_1 y, D_2 y, \dots, D_{p^n} y \tag{1}$$

par une expression quelconque Dy première avec Δy , les produits obtenus

$$Dy \cdot D_1 y, Dy \cdot D_2 y, \dots, Dy \cdot D_{p^n} y \tag{2}$$

constituent de nouveau un système complet de restes, suivant le double module $p, \Delta y$.

Si les p^n expressions (2) ne constituent pas un système complet de restes, suivant le double module, on aura:

$$Dy \cdot D_i y \equiv Dy \cdot D_j y \pmod{p \cdot \Delta y};$$

puisque Dy et Δy n'admettent pas de diviseur commun, on aura:

$$D_i y \equiv D_j y \pmod{p \cdot \Delta y},$$

ce qui est impossible.

5. Soient $D_0 y, D_1 y, \dots, D_n y$ des expressions différentielles linéaires quelconques, et ne soit pas $D_n y$ divisible par Δy , la formule

$$F(Dy) = D_n y \cdot Dy^n + D_{n-1} y \cdot D^{n-1} y + \dots + D_1 y \cdot Dy + D_0 y \equiv 0 \pmod{p \cdot \Delta y}$$

s'appellera une congruence du $n^{\text{ième}}$ degré. On appelle *solutions* de la congruence

$$F(Dy) \equiv 0 \pmod{p \cdot \Delta y}$$

les diverses valeurs de Dy rendant $F(Dy)$ divisible par Δy suivant le module p .

6. La congruence du premier degré

$$D_1y \cdot Dy \equiv D_0y \pmod{p \cdot \Delta y} \quad (1)$$

a une solution, si D_1y est premier avec Δy .

Si D_1y est premier avec Δy , il y a, d'après notre lemme, dans chaque système complet de restes, suivant le double module, une seule expression, qui satisfait à la congruence (1). c. q. f. d.

Si dans la congruence du premier degré :

$$D_1y \cdot Dy \equiv D_0y \pmod{p \cdot \Delta y},$$

D_1y et Δy admettent le plus grand diviseur D_3y , il faut, pour la possibilité de la congruence, que D_0y soit divisible par D_3y ; dans ce cas notre congruence a p^{n_3} solutions, n_3 étant l'ordre de D_3y .

Notre congruence s'écrit :

$$D_1'y \cdot D_3y \cdot Dy \equiv \Delta'y \cdot D_3y \cdot D'y + D_0y \pmod{p}$$

d'où il résulte que : $D_0y = D_0'y \cdot D_3y \pmod{p}$, si la congruence est possible.

En divisant notre congruence par D_3y , on aura :

$$D_1'y \cdot Dy \equiv D_0'y \pmod{p \cdot \Delta'y}$$

où $D_1'y$ est premier avec $\Delta'y$.

Cette nouvelle congruence a une solution :

$$Dy \equiv D_{00}y \pmod{p \cdot \Delta'y}$$

ou :

$$Dy \equiv D_{00}y + D'y \cdot \Delta'y \pmod{p}.$$

Mais les expressions Dy , définies par cette congruence, seraient congrues suivant le double module $p, \Delta y$, si les expressions $D'y$ étaient congrues suivant le double module p, D_3y , car :

$$D_iy - D_jy \equiv (D_i'y - D_j'y) \Delta'y \pmod{p},$$

et si l'on a :

$$D_i'y - D_j'y \equiv D_sy \cdot D_3y \pmod{p}$$

il en résulte :

$$D_iy - D_jy \equiv D_sy \cdot \overbrace{(D_3y \Delta'y)}^{\Delta y} \pmod{p}.$$

Mais il existe p^{n_3} expressions $D'y$ incongrues suivant le double module p, D_3y . c. q. f. d.

7. Trouver la solution Dy des deux congruences linéaires simultanées:

$$(1) \quad Dy \equiv D_1y \pmod{p \cdot A_1y}; \quad Dy \equiv D_2y \pmod{p \cdot A_2y}, \quad (2)$$

où A_1y est premier avec A_2y .

De la congruence (1) résulte:

$$Dy \equiv D_1y + D'y \cdot A_1y \pmod{p} \quad (3)$$

et pour que l'expression Dy ainsi déterminée satisfasse aussi à la seconde congruence, il faut que l'on ait:

$$D'y \cdot A_1y \equiv D_2y - D_1y + D_1'y \cdot A_2y \pmod{p}$$

ou

$$D'y \cdot A_1y \equiv D_2y - D_1y \pmod{p \cdot A_2y}.$$

Soit:

$$D'y \equiv D_0y + D_3y \cdot A_2y \pmod{p}$$

la solution, de cette congruence.

Cette valeur de $D'y$ substituée dans la congruence (3) donne:

$$\begin{aligned} Dy &\equiv D_1y + D_0y \cdot A_1y + D_3y \cdot A_1y \cdot A_2y \pmod{p} \equiv \\ &\equiv D_0y \pmod{p \cdot A_1y \cdot A_2y}. \end{aligned}$$

§ 4. Généralisation du théorème d'Euler-Fermat:

$$a^{q(k)} \equiv 1 \pmod{k}.$$

1. Avant d'entrer dans la généralisation de ce théorème, nous ferons d'abord quelques remarques sur les expressions qui constituent un système complet de restes suivant le double module p, Ay .

Théorème. Si l'on désigne par $\varphi(Ay)$ le nombre d'expressions premières avec Ay parmi un système complet de restes suivant le double module p, Ay , on aura:

$$\varphi(Ay) = p^n \left(1 - \frac{1}{p^{n_1}}\right) \left(1 - \frac{1}{p^{n_2}}\right) \dots \left(1 - \frac{1}{p^{n_q}}\right),$$

où n est l'ordre de Ay , et n_1, n_2, \dots, n_q sont les ordres des facteurs irréductibles principaux, suivant le module p , de l'expression Ay .

Soient D_1y, D_2y, \dots tous les diviseurs principaux, suivant le module p , de l'expression Ay :

$$Ay \equiv D_1y \cdot A_1y \cdot \alpha \pmod{p}, \quad Ay \equiv D_2y \cdot A_2y \cdot \alpha \pmod{p} \dots$$

Les expressions A_1y, A_2y désignent donc aussi tous les diviseurs principaux, suivant le module p , de l'expression Ay , α est une unité.

Divisons toutes les p^n expressions $D_i y$, qui constituent un système complet de restes, suivant le double module p, Ay , en autant de groupes qu'il y a de diviseurs principaux de Ay . Mettons maintenant toutes les expressions $D_i y$, qui avec Ay admettent $D_1 y$ comme plus grand diviseur, suivant le module p , dans un groupe. Ce nombre d'expressions Dy est évidemment $\varphi(A_1 y)$.

Mettons analogue dans un second groupe toutes les expressions Dy , qui avec Ay admettent $D_2 y$ comme le plus grand commun diviseur. Ce nombre d'expressions Dy est $\varphi(A_2 y)$. En continuant ainsi on aura distribué toutes les expressions Dy en groupes avec $\varphi(A_i y)$ expressions dans chaque groupe, on aura donc :

$$\Sigma \varphi(A_i y) = p^n.$$

Soit Ay congru suivant le module p d'une expression Dy irréductible de l'ordre n , on aura :

$$\varphi(1) + \varphi(Dy) = p^n$$

mais

$$\varphi(1) = p^0 = 1.$$

On aura ainsi :

$$\varphi(Ay) = \varphi(Dy) = p^n - 1 = p^n \left(1 - \frac{1}{p^n}\right).$$

Soit maintenant l'expression Ay congru, suivant le module p , au produit de deux expressions irréductibles : $D_1 y \cdot D_2 y$ des ordres n_1 et n_2 , on aura :

$$\varphi(1) + \varphi(D_1 y) + \varphi(D_2 y) + \varphi(D_1 y \cdot D_2 y) = p^{n_1 + n_2}.$$

D'après ce qui précède, on a :

$$\begin{aligned} \varphi(1) + \varphi(D_1 y) &= p^{n_1} \\ \varphi(D_2 y) &= p^{n_2} - 1. \end{aligned}$$

Il en résulte :

$$\begin{aligned} \varphi(Ay) = \varphi(D_1 y \cdot D_2 y) &= p^{n_1 + n_2} - p^{n_1} - p^{n_2} + 1 = \\ &= p^{n_1 + n_2} \left(1 - \frac{1}{p^{n_1}}\right) \left(1 - \frac{1}{p^{n_2}}\right). \end{aligned}$$

En continuant ainsi, on aura :

$$\varphi(Ay) = \varphi(D_1 y \cdot D_2 y \cdot \dots \cdot D_{n_q} y) = p^n \left(1 - \frac{1}{p^{n_1}}\right) \left(1 - \frac{1}{p^{n_2}}\right) \dots \left(1 - \frac{1}{p^{n_q}}\right),$$

où $n = n_1 + n_2 + \dots + n_q$ est l'ordre de Ay , et n_1, n_2, \dots, n_q l'ordre de $D_1 y, D_2 y, \dots, D_{n_q} y$.

c. q. f. d.

2. *Théorème.* Soit Dy une expression, première avec $\mathcal{A}y$, d'un système complet de restes, suivant le double module $p, \mathcal{A}y$, on aura :

$$Dy^{\mathcal{F}(\mathcal{A}y)} \equiv 1 \pmod{p, \mathcal{A}y}.$$

Si l'on met dans le produit $Dy \cdot D'y$ pour l'expression $D'y$ les $\mathcal{F}(\mathcal{A}y)$ expressions: $D_1y, \dots D_{\mathcal{F}(\mathcal{A}y)}y$, premières avec $\mathcal{A}y$, d'un système complet de restes, suivant le double module $p, \mathcal{A}y$, on aura de nouveau, $\mathcal{F}(\mathcal{A}y)$ expressions, premières avec $\mathcal{A}y$, d'un système complet de restes, suivant le double module $p, \mathcal{A}y$. Nous aurons donc :

$$\left. \begin{array}{l} Dy \cdot D_1'y \equiv D_1y \\ Dy \cdot D_2'y \equiv D_2y \\ \dots \dots \dots \\ Dy \cdot D_{\mathcal{F}(\mathcal{A}y)}'y = D_{\mathcal{F}(\mathcal{A}y)}y \end{array} \right\} \pmod{p, \mathcal{A}y},$$

où les expressions $D_1'y, D_2'y, \dots D_{\mathcal{F}(\mathcal{A}y)}'y$ désignent les expressions $D_1y, D_2y, \dots D_{\mathcal{F}(\mathcal{A}y)}y$, mais dans un autre ordre. En posant le produit: $D_1y, D_2y, \dots D_{\mathcal{F}(\mathcal{A}y)}y = Py$, on aura par la multiplication de cette suite de congruences :

$$Dy^{\mathcal{F}(\mathcal{A}y)} \cdot Py \equiv Py \pmod{p, \mathcal{A}y}$$

puisque l'expression Py est première avec $\mathcal{A}y$, on aura :

$$Dy^{\mathcal{F}(\mathcal{A}y)} \equiv 1 \pmod{p, \mathcal{A}y}.$$

c. q. f. d.

3. En particulier, si l'expression $\mathcal{A}y$ est une expression irréductible d'ordre n , on aura :

$$Dy^{p^n-1} \equiv 1 \pmod{p, \mathcal{A}y},$$

ce qui est la généralisation directe du théorème de *Fermat*.

La proposition démontrée donne immédiatement la solution de la congruence du premier degré :

$$D_1y \cdot Dy \equiv D_0y \pmod{p, \mathcal{A}y},$$

où D_1y est première avec $\mathcal{A}y$, sous la forme :

$$Dy \equiv D_0y \cdot D_1y^{\mathcal{F}(\mathcal{A}y)-1} \pmod{p, \mathcal{A}y}.$$

§ 5. *Sur les congruences différentielles linéaires, dont le module $\mathcal{A}y$ est une expression irréductible.*

1. *Théorème.* La congruence du $n^{\text{ième}}$ degré

$$F(Dy) = D_n y \cdot Dy^n + D_{n-1} y \cdot Dy^{n-1} + \dots + D_1 y \cdot Dy + D_0 y \equiv 0 \pmod{p, Ay},$$

où Ay est une expression irréductible, n'admet pas plus de n solutions incongrues suivant le double module p, Ay .

Ce théorème est exact pour $n = 1$; en le supposant valable pour $n - 1$, nous démontrerons qu'il est valable pour n ; cela fait, notre théorème est démontré.

Soit $D_1'y$ une solution de notre congruence donnée, on aura:

$$F(Dy) - F(D_1'y) = (Dy - D_1'y) F_1(Dy) \equiv 0 \pmod{p, Ay},$$

où $F_1(Dy) \equiv 0 \pmod{p, Ay}$ est une congruence du $(n - 1)^{\text{ième}}$ degré; puisqu'on a:

$$F(D_1'y) \equiv 0 \pmod{p, Ay}$$

nous aurons:

$$(a) \quad F(Dy) = (Dy - D_1'y) F_1(Dy) \equiv 0 \pmod{p, Ay}.$$

Si la congruence $F(Dy) \equiv 0 \pmod{p, Ay}$ admet plus de n solutions, il faudrait donc que la congruence $F_1(Dy) \equiv 0 \pmod{p, Ay}$ admît plus de $n - 1$ solutions, ce qui est contre notre hypothèse.

2. Soient $D_1'y, D_2'y, \dots, D_n'y$ n solutions de la congruence donnée, elle se mettra sous la forme:

$$F(Dy) \equiv D_n y (Dy - D_1'y) (Dy - D_2'y) \dots (Dy - D_n'y) \pmod{p, Ay};$$

ce qui résulte immédiatement de la forme (a) de notre congruence.

En particulier la congruence:

$$Dy^{p^n-1} \equiv 1 \pmod{p, Ay}$$

a pour solutions les $p^n - 1$ expressions, premières avec Ay , d'un système complet de restes, suivant le double module p, Ay .

On aura donc:

$$Dy^{p^n-1} - 1 \equiv (Dy - D_1'y) (Dy - D_2'y) \dots (Dy - D_{p^n-1}'y) \equiv \pi(Dy - D'y) \pmod{p, Ay}$$

d'où il résulte:

$$\pi(D'y) \equiv -1 \pmod{p, Ay},$$

ce qui est une généralisation directe du théorème de Wilson.

§ 6. Solutions primitives et indices.

1. L'expression Dy étant première avec le module Ay , considérons la suite indéfinie des puissances de Dy , savoir:

$$Dy^0 = 1, Dy, Dy^2, \dots, Dy^r, \dots$$

Comme cette suite renferme un nombre illimité de termes, et qu'on ne peut trouver qu'un nombre limité d'expressions incongrues suivant le double module p, Ay , il y aura nécessairement deux puissances telles que Dy^{m+n} et Dy^m qui seront congrues suivant le double module p, Ay . On peut diviser la congruence :

$$Dy^{m+n} \equiv Dy^m \pmod{p, Ay}$$

par Dy^m qui est première au module Ay , et il vient alors :

$$Dy^n \equiv 1 \pmod{p, Ay}.$$

n designant le plus petit nombre pour lequel cette congruence à lieu, on dit que l'expression différentielle linéaire Dy appartient à l'exposant n , relativement au module double p, Ay .

Il est clair que l'on a généralement :

$$Dy^{m \cdot r} \equiv 1 \pmod{p, Ay}.$$

Réciproquement, pour que l'on ait :

$$Dy^m \equiv 1 \pmod{p, Ay}$$

il faut que m soit un multiple de n ; en effet, si l'on avait : $m = r \cdot n + q$, q étant inférieur à n , on en conclurait :

$$Dy^q \equiv 1 \pmod{p, Ay}$$

ce qui est impossible.

Comme cas particulier on a

$$Dy^{T(Ay)} \equiv 1 \pmod{p, Ay}$$

et par suite $\varphi(Ay)$ divisible par n .

2. Considérons maintenant le cas où le module Ay est une expression irréductible d'ordre π .

On peut se demander si, étant donné un diviseur arbitraire de $\varphi(Ay) = p^\pi - 1$, il y a des expressions différentielles linéaires qui lui appartiennent et combien il y en a, parmi elles, qui soient incongrues.

Supposons qu'il y ait une expression différentielle linéaire Dy qui appartienne à l'exposant m ; cherchons s'il y a d'autres expressions appartenant à l'exposant m ; s'il en existe effectivement, elles seront solutions de la congruence :

$$Dy^m \equiv 1 \pmod{p, Ay}. \quad (1)$$

L'hypothèse :

$$Dy^m \equiv 1 \pmod{p, Ay}$$

entraîne

$$Dy^{mr} \equiv 1 \pmod{p, Ay}$$

ou

$$(Dy^r)^m \equiv 1 \pmod{p, Ay}$$

r étant l'un quelconque des nombres

$$0, 1, 2, \dots, m-1.$$

Les m solutions de la congruence (1) seront donc:

$$1, Dy, Dy^2, \dots, Dy^{m-1},$$

et c'est parmi ces expressions que nous avons à chercher celles qui appartiennent à l'exposant m .

Cherchons à quel exposant appartient une solution quelconque Dy^α ; soit r le plus petit nombre tel que l'on ait:

$$(Dy^\alpha)^r = Dy^{\alpha \cdot r} \equiv 1 \pmod{p, Ay}.$$

Dy appartenant à l'exposant m ; $\alpha \cdot r$ doit être divisible par m ; si q est le plus grand commun diviseur entre α et m , la plus petite valeur de r , telle que αr soit divisible par m , est évidemment $\frac{m}{q}$. Pour que Dy^α appartienne à l'exposant m , il faut et il suffit que $q = 1$, c'est à dire que α soit premier avec m ; donc s'il existe une expression Dy appartenant à l'exposant m , il y en a $\varphi(m)$.

Si nous désignons par $\psi(m)$ le nombre des expressions différentielles linéaires incongrues qui appartiennent au diviseur m de $p^\pi - 1$, il est clair que l'on a:

$$\Sigma \psi(m) = p^\pi - 1$$

puisque chacune des $p^\pi - 1$ expressions premières avec Ay appartient à un diviseur m de $p^\pi - 1$. Mais nous avons trouvé que l'on a

$$\text{soit} \quad \psi(m) = 0$$

$$\text{soit} \quad \psi(m) = \varphi(m).$$

Mais:

$$\Sigma \psi(m) = p^\pi - 1 = \Sigma \varphi(m).$$

On a donc toujours:

$$\psi(m) = \varphi(m).$$

Nous peut alors énoncer cette proposition:

Théorème. Si l'expression différentielle linéaire Ay est irréductible et d'ordre π , et que m désigne un diviseur de $p^\pi - 1$, il y a précisé-

ment $\varphi(m)$ expressions différentielles linéaires qui appartiennent à l'exposant m .

2. En particulier, il y a $\varphi(p^\pi - 1)$ expressions différentielles linéaires incongrues qui appartiennent à l'exposant $p^\pi - 1$. On les appelle *solutions primitives* de l'expression irréductible Ay .

La propriété fondamentale des solutions primitives est que leurs puissances engendrent un système complet de restes, suivant le double module p, Ay , sauf zéro.

Si Dy désigne une solution primitive, et si l'on considère une expression différentielle linéaire quelconque $D'y$ première avec Ay , il existe une puissance de Dy (et par suite une infinité) congrue à cette expression.

L'exposant de la puissance à laquelle il faut élever Dy pour avoir un résultat congru à l'expression $D'y$ s'appelle l'indice de $D'y$ par rapport à la solution primitive Dy , qui est dite la base de l'indice.

On le désigne par la notation: ind. $D'y$. On a donc, par définition:

$$D'y \equiv Dy^{\text{ind. } D'y} \pmod{p, Ay}.$$

Toute expression qui n'est pas nulle suivant le double module p, Ay a une infinité d'indices, congrus entre eux suivant le module $p^\pi - 1$. Lorsque nous dirons que deux indices sont congrus ou égaux, cela signifiera donc toujours: *congrus suivant le module $p^\pi - 1$* .

Avec cette convention, les propriétés des indices s'énoncent exactement de la même manière que celles des logarithmes. Leur propriété fondamentale est, comme pour ces derniers, que l'indice d'un produit est égal à la somme des indices de ses facteurs, et on en déduit les mêmes conséquences.

Dans ce qui précède nous avons essayé d'exposer les théorèmes les plus importants d'une théorie des congruences différentielles linéaires. En s'appuyant sur ces théorèmes on pourra sans grande difficulté développer les analogies ultérieures qui existent entre la théorie des congruences différentielles linéaires et les théories des congruences algébriques et arithmétiques.

Klima-Tabeller for Norge

III

Luftens Fugtighed

Af

H. Mohn

Videnskabselskabets Skrifter. I. Math.-naturv. Klasse. 1897. No. 11

LIBRARY
NEW YORK
BOTANICAL
GARDEN



Christiania

I Kommission hos Jacob Dybwad

A. W. Brogers Bogtrykkeri

1897

Klima-Tabeller for Norge.

III. Luftens Fugtighed.

Af

H. Mohn.

Fremlagt i Fællesmøde den 12. November 1897.

De tidligste Iagttagelser til Bestemmelse af Luftens absolute og relative Fugtighed i Norge blev gjort ved det astronomiske Observatorium i Christiania fra den 6. Marts 1842 til den 30. Juni 1843 og fra den 15. August 1846 til den 15. August 1847. Disse Iagttagelser sattes i Gang af Professor *Chr. Hansteen* i Forbindelse med de magnetiske Observationer, der til samme Tid udførtes efter Opfordring af The Royal Society i London. Der observeredes i Christiania i de nævnte Tidsrum Barometer, Psychrometer, Vind og Skydække hver Time gennem hele Døgnet. Psychrometerobservationerne ere blevne bearbejdede af Observator *Schroeter*, der efter dem har udledet den daglige Periode for den absolute og relative Fugtighed. Resultaterne findes meddelte i *Meteorologische Zeitschrift* for August 1889, S. 281—287. Andre Iagttagelser til Bestemmelse af Luftens Fugtighed have ikke været gjorte ved det astronomiske Observatorium i Christiania.

Regelmæssige Psychrometerobservationer paa flere Steder i Norge blev først indført af Telegrafdirectør *C. Nielsen* ved de Stationer, som han oprettede i Slutningen af 1860 i Christiansund, Aalesund, Skudenes, Mandal og Sandøsund. Til disse kom fra August 1864 Stationen Domaas (Dovre). I 1860 begyndte Psychrometerobservationer ogsaa ved Lungegaardshospitalet i Bergen efter Overlæge, Dr. *Danielssens* Foranstaltning. Observationerne fra de 6 ovennævnte Telegrafstationer ere udgivne i Trykken af det norske Universitet i to Bind: 1) *Meteorologiske Iagttagelser paa fem Telegrafstationer ved Norges Kyst*. Reducerede og sammenstillede

af *J. J. Astrand*, Bestyrer af Bergens Observatorium. Første og anden Aargang. Udgivne af Det kongelige norske Frederiks Universitet ved *C. Fearnley*, Bestyrer af Christiania Observatorium. Christiania 1866.

2) *Meteorologiske Iagttagelser i det sydlige Norge 1863—1864—1865—1866*. Udgivne af Det kongelige norske Frederiks Universitet ved *det norske meteorologiske Institut*. Christiania 1867.

Ved det norske meteorologiske Instituts Oprettelse i 1866 paabegyndtes Psychrometerobservationer i Christiania den 1. December i Institutets Locale ved Torvet og fortsattes fra 19. October 1872 i Nordal Bruns Gade og fra den 1. Januar 1877 i Institutets Wild'ske Thermometerhus i det astronomiske Observatoriums Park.

Fra 1867 af har Institutet oprettet en Række meteorologiske Stationer i Norge med Psychrometerobservationer. Beskrivelse af disse og Oplysninger om Instrumenternes Plads og Beregningen af Luftens Fugtighed findes i de af Institutet udgivne Aarbøger fra 1867 til nu.

Psychrometerobservationerne i Norge ere samtlige gjorte med vel verificerede Thermometre, delte i femtedels Grader og opstillede, tidligere i Træhuse, senere i Metalhuse, der staa i Skyggen før og under Observationstiden. Ved Varmegrader har man brugt Væge og Vandkop til det vaade Thermometer. Ved Kuldegrader kun Tøj paa dettes Kugle, der er vædet før hver Observation. I mange Tilfælde have Iagttagerne, navnlig i de første Aar, havt Vanskeligheder med det vaade Thermometer om Vinteren, og flere Maaneders Observationer have efter nærmere Prøvelse maattet forkastes som ubrugelige for flere Stationers Vedkommende. Det er dog aabenbart, at Psychrometerobservationerne efterhaanden have vundet i Paalidelighed og i de senere Aarrækker ere de gennemgaaende meget tilfredsstillende.

Paa Inspectionsrejser i 1893 og i 1896 i Maanederne Maj—August toges samtidig Observationer med Stationernes Psychometre og med Assmann's Aspirationspsychrometer. Resultatet af disse Sammenligninger¹ er, at vore Stations-Psychometre med naturlig Ventilation maale Luftens Fugtighed med en Middelfejl for den enkelte Observation af respective 0.1 à 0.2 Millimeter for den absolute og 1 à 2 Procent for den relative Fugtighed.

Observationstiderne ere gennemgaaende Kl. 8 a., Kl. 2 p. og Kl. 8 p. Stedets Middeltid. Ved nogle Stationer falde Observationstiderne til Klokkeslet, der afvige noget, men ikke meget fra disse, og ikke saa meget, at

¹ Jahrbuch des norwegischen meteorologischen Instituts für 1892, S. IX og für 1896, S. VII.

det har været nødvendigt at tage særligt Hensyn dertil ved Beregningen af Maanedsmidierne.

Psychrometerobservationerne ere fra 1861 af blevne beregnede efter de Regnault'ske Formler ved Hjælp af Haeghens', Wilds og Jelineks Tabeller og derefter publicerede, indtil ud 1895.

Da det ved de senere Aars Studier over Psychrometret har vist sig, at man i Vintertiden kunde faa bedre Resultater ved at ændre Beregningsmaaden noget, har det norske meteorologiske Institut fra Begyndelsen af 1895 fulgt Dr. *Ekholms* Anvisning til at corrigere det vaade Thermometers Aflæsning (rettet f. Instrumentfejl) med $-0^0.1$ C. mellem 0^0 og -1^0 , med $-0^0.2$ mellem -1^0 og -2^0 , med $-0^0.3$ mellem -2^0 og -3^0 , med $-0^0.4$ mellem -3^0 og -4^0 og med $-0^0.5$ under -4^0 . I Jelineks Tabeller ere overensstemmende hermed Tallene rettede i Argumentrubbrikkerne for det vaade Thermometer, hvorefter Tabellerne bruges som ellers.

Efter disse Rettelser synes man at faa rimelige Værdier ved Temperaturer mellem 0^0 og -20^0 . Men ved lavere Temperaturer synes Fugtighedens Aftagen med Temperaturens Synkning at blive for sterk efter *Ekholms* Regel. Tilsvarende Iagttagelser ved lave Temperaturer fra Russiske Stationer, hvor der anvendes Haarhygrometre, vise en forholdsvis langsommere Synkning af Fugtigheden med Temperaturen. For Temperaturer under -20^0 construeredes derfor en Middelcurve efter de norske (*Granheim* og *Aabogen*) og de russiske (*St. Petersburg*, *Mesen* og *Nertschinsk*) beregnede Værdier for absolut og relativ Fugtighed fra -20^0 og derunder, og efter denne udtoges, alene med Luftens Temperatur som Argument, de tilsvarende Værdier for Fugtigheden. Saadanne Tilfælde forekomme kun sjelden. Fremgangsmaaden er kanske ikke ganske rationel, men den giver utvivlsomt rigtigere Resultater, ialfald for Maanedsmidierne, end en streng Beregning efter de ellers berettigede Formler og Regler. Den nævnte Curve giver følgende Værdier:

ved	-20^0	-25^0	-30^0	-35^0	-40^0	-45^0
Absolut Fugtighed	0.60	0.37	0.20	0.11	0.05	0.02 mm.
Relativ Fugtighed	68	61	53	46	39	34 %.

Samtlige de Psychrometerobservationer, hvorefter de følgende Klimatabeller for Luftens Fugtighed ere beregnede, forelaa beregnede efter de Regnault'ske Formler. Der var for de højere liggende Stationer taget Hensyn til Virkningen af Lufttrykket.

Da det vilde kræve alt for meget Arbejde at omregne samtlige Observationer efter den siden 1895 benyttede *Ekholm'ske* Methode, søgte man at finde en simpel Maade til at omgjøre de beregnede Maanedsmidier

til Maanedsmidia beregnede efter de nye Regler. Under denne Søgen viste det sig, at man, alene med Argument: den tilsvarende Maanedsmiddeltemperatur, kunde finde en Correction, der anbragt ved den tidligere beregnede Maanedsmiddelfugtighed (saavel absolut som relativ) gav den efter de nye Regler beregnede Middelværdi for Fugtigheden. Denne Correction viste sig praktisk talt constant for alle Værdier af Fugtigheden selv. De saaledes fundne Værdier for Correctionen opstilledes i Curver, hvorefter følgende Værdier hidsættes. Alle Correctioner ere negative, da Ekholms Methode giver tørrere Luft end de Regnault'ske Formler:

Maanedsmiddel-

temperatur .. $+5^0$ 0^0 -5^0 -10^0 -15^0 -20^0 .

Corr. f. absolut

Fugtighed ... -0.01 -0.11 -0.27 -0.29 -0.28 -0.26 mm.

Corr. f. relativ

Fugtighed ... 0.0 -3.5 -10.5 -16.1 -22.0 -28.0 %.

Paa denne Maade corrigeredes samtlige Maanedsmidia for hver af de tre daglige Observationsklokkeslet.

Af de saaledes corrigerede maanedlige Terminmedier (for 8 a., 2 p. og 8 p.) beregnedes for hver enkelt Maaned i hvert Observationsaar indtil Udgangen af 1895 de tilsvarende Maanedsmidia for absolut og relativ Fugtighed. Fremgangsmaaden ved denne Beregning er meddelt i *Meteorologische Zeitschrift* f. Juli 1891, Side 258—260 og i *Jahrbuch des norwegischen meteorologischen Instituts* für 1891, S. XV—XVI.

Til Grund for de benyttede Reductionsconstanter ligge de timevise Psychrometerobservationer i Christiania, Bergen og Bossekop. Den absolute Fugtighed eller Damptrykket er beregnet efter Formelen:

$$m = \frac{1}{3} (8 a + 2 p + 8 p) + \text{Corr.}$$

og den relative efter *Köppens* Formel:

$$\frac{1}{2} (8 a + 8 p) = q; \quad m = q + c (2 p - q).$$

Værdierne for *Corr.* og for Factoren *c* ere fundne paa kartografisk Vej efter de tilsvarende beregnede Værdier for hver Maaned for Christiania, Bergen og Bossekop, med Tilhjælp af Upsala for *Corr.* og af Sodankylä, Upsala og St. Petersburg for Factoren *c*. Tabeller for *Corr.* og for *c* for de forskjellige Psychrometerstationer og de forskjellige Maaneder findes i *Jahrbuch des norw. meteorol. Instituts* f. 1891, S. XV og XVI.

Tabel I giver de til Klimatabellerne for Luftens Fugtighed benyttede Stationers Navne, geografiske Beliggenhed, Tiden for de benyttede Obser-

vationers Begyndelse og Ende. Antal Observationsaar og Bemærkninger om Hullet i Observationsrækkerne.

Tabel II giver Maanedes- og Aars-Medier for den *absolute Fugtighed*, udtrykt som Damptryk i Millimeter Kviksølvhøjde. Minima ere betegnede ved en Stjerne, Maxima ved udhævet Tryk. Den aarlige Amplitude (Am) er Forskjellen mellem de saaledes betegnede Maxima og Minima.

Tabel III giver Maanedes- og Aars-Medier for den *relative Fugtighed*, udtrykt i Procenter. Minima ere betegnede ved en Stjerne, Maxima ved udhævet Tryk. Den aarlige Amplitude (Am) er Forskjellen mellem de saaledes betegnede Maxima og Minima.

Den absolute Fugtighed har sit

Minimum	Maximum
paa 14 Stationer i Januar	paa 34 Stationer i Juli
» 33 — i Februar	» 19 — i August.
» 6 — i Marts.	

Amplituden er størst paa Østlandet (8 mm.), mindst paa Kysten (5 mm.).

Den absolute Fugtighed er større paa Kysten end inde i Landet og aftager fra Syd mod Nord.

Den relative Fugtighed har sit

Minimum	Maximum
paa 6 Stationer i Februar	paa 1 Station i Juli
» 12 — i Marts	» 14 Stationer i August
» 7 — i April	» 14 — i September
» 9 — i Maj	» 9 — i October
» 19 — i Juni.	» 14 — i November
	» 1 Station i Januar.

Amplituden er størst paa Østlandet (15 til 20 %) og mindst paa Kysten (10 til 5 %).

Den relative Fugtighed er i det hele taget noget større paa Kysten end inde i Landet. Dens Fordeling i de enkelte Maaneder er noget ujevn.

Tabel I.

No.	Station	Bredde N.	Længde E. Gr.	Højde m.	Begyndt	Sluttet	Aar	
1	Roros	62° 34'	11° 23'	630	1871 Juli	1895 Dec.	24—25	
2	Tonset	62 17	10 45	496	78 Febr.	95 Dec.	15	1889 Juli til 1890 Juni mangler.
3	Jerkin	62 14	9 35	963	91 Juli	95 Dec.	4—5	
4	Domaas	62 5	9 7	649	64 Aug.	95 Dec.	31—32	
5	Granheim	61 6	8 58	400	70 Juli	95 Dec.	25—26	Nogle Huller i Sommermaanederne.
6	Tonsaasen	60 49	9 38	629	85 Jan.	95 Dec.	11	
7	Listad	61 34	9 56	277	91 Juli	95 Dec.	4—5	
8	Lillehammer	61 7	10 28	190	91 Juli	95 Dec.	4—5	
9	Rena	61 8	11 22	230	90 Juli	95 Dec.	5—6	Nogle Huller.
10	Biri	60 58	10 35	128	76 Dec.	82 Dec.	4—7	
11	Hamar	60 48	11 4	140	89 Sept.	95 Dec.	6—7	
12	Eidsvold	60 22	11 13	190	71 Nov.	95 Dec.	24	Mangler Jan., Feb., Marts 1895.
13	Aabogen	60 7	12 7	147	90 Juli	95 Dec.	5—6	
14	Hole	60 4	10 16	102	77 Jan.	80 Oct.	3—4	
15	Christiania	59 55	10 43	25	66 Dec.	95 Dec.	29—30	
16	Aas	59 40	10 46	92	85 Jan.	95 Dec.	11	
17	Fredrikstad	59 12	10 56	7	68 Dec.	80 Maj	4—8	Mangler 1871—75. Flere Huller.
18	Krappeto	59 9	11 37	107	84 Oct.	95 Dec.	11—12	
19	Sandosund	59 5	10 28	8	61 Jan.	85 Sept.	24—25	
20	Færder	59 2	10 32	13	85 Nov.	95 Dec.	10—11	
21	Dalen	59 27	7 58	103	89 Aug.	95 Dec.	6—7	
22	Valle	59 12	7 32	317	72 Sept.	75 Dec.	3—4	
23	Eg	58 10	7 59	22	85 Marts	95 Dec.	10—11	
24	Oxo	58 4	8 4	11	69 Nov.	95 Dec.	26—27	
25	Mandal	58 2	7 27	17	61 Jan.	95 Dec.	35	
26	Skudenes	59 9	5 16	4	61 Jan.	95 Dec.	35	
27	Roldal	59 44	6 52	430	83 Juli	95 Dec.	10—13	Nogle Huller.
28	Ullensvang	60 19	6 40	41	80 April	95 Dec.	15—16	
29	Bergen	60 23	5 21	17	61 Maj	95 Dec.	24—25	
30	Vossevangen	60 38	6 25	56	86 Nov.	95 Dec.	9—10	Nogle Huller.
31	Flesje (Balestr.)	61 10	6 32	5	69 Sept.	95 Dec.	21—25	1888—91 ufuldstændig.
32	Lærdalsoren	61 6	7 29	5	75 Sept.	95 Dec.	20—21	
33	Florø	61 36	5 2	8	69 Aug.	95 Dec.	26—27	
34	Tønning	61 53	6 40	5	69 Aug.	73 Marts	3—4	
35	Dombesten	61 53	5 40	11	73 Oct.	82 Aug.	8—9	
36	Aalesund	62 28	6 10	14	61 Jan.	95 Dec.	35	
37	Christiansund	63 7	7 45	16	61 Jan.	95 Dec.	35	
38	Trondhjem	63 26	10 22	11	87 Jan.	95 Dec.	9	
39	Ytterøen	63 49	11 14	76	67 Oct.	76 Oct.	7—10	Nogle Huller.
40	Stenkjær	64 1	11 30	8	83 Dec.	95 Dec.	11—13	Jan. 1890 mangler.
41	Brønnø	65 28	12 13	11	69 Aug.	95 Dec.	26—27	
42	Hatfjeldalen	65 34	14 1	230	84 Jan.	95 Dec.	12	
43	Ranen	66 12	13 38	13	75 Oct.	89 Juni	13—14	
44	Bodø	67 17	14 24	7	68 Febr.	95 Dec.	27—28	
45	Skomvær	67 24	11 54	20	90 Aug.	95 Dec.	5—6	
46	Røst	67 31	12 9	8	76 Jan.	89 Oct.	10—11	Et Hul 1878 Jan. til 1881 Aug.
47	Svolvær	68 14	14 37	7	86 Marts	95 Dec.	8—9	Nogle Huller.
48	Lødingen	68 24	16 1	13	73. Febr.	84 Marts	10—11	Nogle Huller.
49	Fagernes	68 27	17 25	8	72 Sept.	95 Dec.	23—24	
50	Tromsø	69 39	18 58	15	67 Sept.	95 Dec.	22—24	Flere Huller i 1868—73.
51	Alten	69 58	23 15	13	71 Sept.	95 Dec.	24—25	
52	Vardø	70 22	31 8	10	67 Aug.	95 Dec.	16—27	Mange Afbrydelser om Vinteren.
53	Sydvaranger	69 40	30 10	20	71 Aug.	95 Dec.	22—25	Flere Huller.

Tabel II.

Absolut Fugtighed (Damptryk). Maanedes- og Aarsmedier. mm.

No.	Station	Jan.	Febr.	Marts	Apr.	Maj	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Oct.	Nov.	Dec.	Aar	Ann.
1	Roros	1.89	1.82*	2.19	3.14	4.15	6.06	7.35	7.09	5.77	3.00	2.13	1.01	4.02	5.5
2	Tonset	1.71*	1.86	2.35	3.59	4.96	6.57	7.85	7.84	6.15	4.09	2.62	1.74	4.28	6.1
3	Jerkin	1.68*	1.75	2.42	3.35	4.20	5.53	6.78	6.36	4.95	3.76	2.72	2.04	3.80	5.1
4	Domaas	2.02*	2.04	2.38	3.35	4.45	6.05	7.54	7.38	5.85	4.00	2.72	2.08	4.15	5.5
5	Granheim	1.98*	2.09	2.62	3.66	5.17	7.07	8.74	8.39	6.60	4.62	3.12	2.03	4.67	6.8
6	Tonsaasen	2.07*	2.07	2.59	3.93	5.51	6.95	8.19	7.75	6.14	4.32	2.97	2.25	4.56	6.1
7	Listad	1.59*	1.50	2.70	4.07	5.03	6.77	8.70	8.62	6.16	4.43	3.20	2.08	4.50	7.2
8	Lillehammer	1.79	1.60	2.90	4.17	5.35	7.25	9.40	8.83	6.13	3.00	2.43	2.44	4.22	7.8
9	Rena	1.60*	1.86	3.08	4.13	5.54	7.62	9.08	8.85	6.93	4.72	3.20	2.18	4.90	7.5
10	Biri	1.98*	2.18	2.82	4.58	6.05	8.12	9.88	9.80	7.58	4.98	3.47	2.17	5.28	7.9
11	Hamar	2.33	2.15*	3.28	4.65	6.48	8.20	9.93	9.42	7.27	5.39	3.81	2.70	5.47	7.8
12	Eidsvold	2.49	2.34*	2.68	4.00	5.81	7.69	9.25	9.11	7.38	5.16	3.73	2.64	5.19	6.9
13	Aabøgen	2.30*	2.40	3.30	4.62	6.00	7.94	9.40	9.17	7.33	5.33	3.97	2.73	5.38	7.4
14	Hole	1.85*	2.70	3.16	4.10	6.00	7.80	9.37	9.85	7.88	4.85	3.65	2.27	5.29	8.0
15	Christiania	2.89	2.79*	3.11	4.15	5.73	8.21	9.93	9.68	7.92	5.54	4.01	3.08	5.59	7.1
16	Aas	3.00	2.73*	3.25	4.53	6.38	8.15	9.73	9.52	7.72	5.59	4.27	3.25	5.67	7.0
17	Fredrikstad	3.36	3.25*	3.34	4.54	5.86	8.83	9.87	9.65	8.36	6.04	4.07	3.40	5.88	6.6
18	Knappe	3.15	2.83*	3.23	4.34	5.57	8.12	9.55	9.52	7.85	5.88	4.37	3.00	5.75	6.7
19	Sandnessund	3.53	3.40*	3.58	4.68	6.25	8.39	10.43	10.17	8.54	6.25	4.68	3.76	6.14	7.0
20	Færder	3.81	3.36*	3.72	4.98	7.01	9.00	10.43	10.17	8.48	6.36	5.28	4.26	6.41	7.1
21	Dalen	2.62*	2.83	3.68	5.05	6.90	7.85	9.75	8.89	7.24	5.67	4.17	3.16	5.05	7.1
22	Valle	3.27	2.60*	2.75	3.80	4.97	7.15	9.30	8.40	6.98	5.20	4.70	2.83	5.16	6.7
23	Eg	3.87	3.57*	4.14	5.17	7.15	9.40	10.88	10.37	8.47	6.51	5.15	4.24	6.58	7.3
24	Øre	4.05	3.32*	3.95	4.97	7.71	9.91	10.47	10.42	8.36	6.00	5.30	4.34	6.54	6.7
25	Mandal	4.02	3.90*	3.89	4.77	6.27	8.41	9.91	9.99	8.61	6.56	5.15	4.26	6.31	6.1
26	Skudenes	4.48	4.28*	4.32	4.98	6.22	8.00	9.29	9.43	8.47	6.62	5.31	4.70	6.34	5.2
27	Roldal	2.60*	2.62	2.85	3.75	5.17	6.86	8.41	8.40	6.77	4.98	3.64	2.81	4.91	5.8
28	Ullensvang	3.44	3.11*	3.47	4.31	5.97	7.05	9.36	9.36	7.74	5.84	4.41	3.67	5.70	6.2
29	Bergen	4.14	4.02*	4.05	4.71	6.71	7.91	9.31	9.40	8.08	6.13	4.77	4.22	6.03	5.4
30	Vossevangen	3.11	2.88*	3.60	4.69	6.47	8.14	9.41	9.17	7.67	5.79	4.46	3.48	5.74	6.5
31	Flesje	3.52	3.38*	3.71	4.50	6.01	8.66	10.28	9.86	8.10	5.85	4.41	3.62	5.99	6.9
32	Lærdalsoren	2.98	2.89*	3.24	3.99	5.29	7.31	8.69	8.75	7.15	5.01	3.82	3.18	5.19	5.9
33	Flora	4.06	3.87*	4.03	4.61	5.90	7.72	9.07	9.38	7.74	5.93	4.81	4.17	5.94	5.5
34	Tønning	3.70	3.57*	4.13	4.40	5.47	7.77	10.40	8.75	7.20	5.78	3.87	3.03	5.67	6.8
35	Dombesten	3.94	3.67*	3.86	4.60	5.51	8.04	9.51	9.66	8.08	5.77	4.46	3.97	5.05	6.0
36	Aalesund	4.00	3.90*	3.97	4.72	5.81	7.51	8.87	9.03	7.71	6.02	4.74	4.23	5.88	5.1
37	Christiansund	3.07	3.00*	3.09	4.37	5.66	7.3	8.89	8.74	7.32	5.76	4.77	4.16	5.73	5.4
38	Tromsø	3.02	2.70*	3.17	4.24	5.81	7.47	8.52	8.34	7.07	5.45	4.22	3.09	5.20	5.7
39	Værnes	3.33	3.00*	3.31	4.22	5.45	7.4	8.97	8.49	6.82	5.23	3.88	3.13	5.31	5.0
40	Stenkjær	2.85	2.74*	3.26	4.27	5.65	7.50	8.72	8.62	7.22	5.57	4.20	3.25	5.29	6.0
41	Bonnes	3.35	3.13*	3.36	4.05	5.22	6.7	8.43	8.12	6.87	5.08	4.02	3.30	5.10	5.3
42	Hattfjelldalen	2.92*	2.27	2.65	3.43	4.59	6.15	8.29	7.75	6.47	5.34	3.84	2.45	4.47	6.2
43	Rana	2.80	2.59*	2.78	3.56	4.79	6.41	8.05	8.33	6.65	4.54	3.45	2.71	4.72	5.7
44	Bodo	3.17	2.87*	3.11	3.86	5.20	6.75	8.28	8.44	6.74	5.00	3.82	3.08	5.02	5.5
45	Storøya	3.00	2.74*	3.00	4.27	5.00	6.50	7.90	7.83	6.43	5.54	4.02	4.40	5.33	4.2
46	Ræst	3.00	2.74*	3.00	4.27	5.00	6.50	7.90	8.75	7.35	5.50	4.00	4.05	5.00	5.1
47	Svolvær	3.00	2.74*	3.00	4.27	5.00	6.50	7.90	8.07	6.87	5.47	4.22	3.61	5.05	4.9
48	Lødingen	3.04	2.75*	2.72	3.27	4.42	6.07	7.81	7.88	6.24	4.54	3.45	2.80	4.01	5.2
49	Fagernes	2.74	2.67*	2.77	3.53	4.88	6.50	8.33	8.24	6.20	4.51	3.57	2.85	4.75	5.7
50	Troms	2.70	2.73*	2.71	3.40	4.40	5.91	7.40	7.57	5.87	4.42	3.50	2.80	4.47	4.9
51	Alten	2.61*	2.67	2.73	3.60	4.20	5.77	7.33	7.35	5.50	3.74	3.53	2.05	3.90	5.3
52	Vardø	2.34	2.22*	2.55	3.45	4.43	5.70	7.23	7.28	5.61	4.40	3.17	2.58	4.27	5.4
53	Sydvaranger	1.75	1.68*	2.03	2.95	4.04	5.85	7.66	7.70	5.81	3.95	2.40	1.74	3.97	6.0

Tabel III.

Relativ Fugtighed. Maanedes- og Aarsmedier. Procent.

No.	Station	Jan.	Feb.	Marts	Apr.	Maj	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Oct.	Nov.	Dec.	Aar	Am.
1	Roros.....	73.0	70.9	70.1	71.4	71.8	69.3*	74.8	78.2	81.3	78.0	76.2	73.8	74.1	12
2	Tønset	71.8	70.3	70.2	70.5	70.4	67.9*	74.4	78.9	79.9	80.7	76.1	70.9	73.5	13
3	Jerkin	65.8	65.2*	68.0	71.5	71.8	67.5	73.4	76.6	75.2	74.4	70.6	69.0	70.7	11
4	Domaas	74.1	71.9	70.1	71.1	69.4*	67.6	73.7	77.2	78.4	81.4	75.9	74.8	73.8	12
5	Granheim ...	73.8	72.6	71.4	70.4	67.1	64.8*	72.5	77.4	79.1	80.1	80.0	75.4	73.7	15
6	Tonsaasen ...	78.5	75.3	73.6	80.0	78.6	70.2*	77.5	82.6	83.8	85.5	83.0	79.9	79.0	15
7	Listad	70.5	66.0	64.8	60.0	58.5	56.3*	66.6	71.8	70.8	76.0	78.6	73.2	67.8	22
8	Lillehammer ..	73.3	66.5	68.8	68.0	65.3	61.8*	72.8	78.6	78.6	79.0	79.2	75.8	72.3	17
9	Rena	73.4	69.0	78.5	76.6	70.6	66.4*	76.0	83.3	85.5	84.6	85.6	77.8	77.3	19
10	Biri	76.5	76.5	78.6	81.0	72.0	69.6*	77.3	80.0	82.7	82.3	80.3	76.7	77.8	13
11	Hamar	79.3	76.4	78.3	78.7	74.3	70.0*	74.8	81.2	82.7	84.1	85.6	81.6	78.9	16
12	Eidsvold	71.6	66.6	65.3*	70.2	69.3	65.9	73.5	80.3	82.3	82.2	78.7	72.2	73.2	17
13	Aabogen	75.8	73.2	77.0	77.6	70.2	66.4*	73.2	81.8	83.9	86.3	87.2	81.2	77.8	21
14	Hole	63.3	70.3	76.7	70.3	67.0	59.5*	65.3	67.5	77.0	75.8	73.7	71.0	69.8	18
15	Christiania...	77.9	73.9	70.7	65.7	61.8*	62.4	68.1	73.6	78.8	80.3	81.3	78.2	72.7	20
16	Aas	81.1	75.9	75.1	74.2	69.1	65.5*	73.6	81.4	82.6	85.3	87.3	81.0	77.7	22
17	Fredrikstad ..	78.6	75.4	73.4	69.9	64.1*	69.3	67.3	72.8	77.5	79.0	78.3	77.5	73.6	15
18	Krappeto	81.0	76.5	74.9	76.6	71.6	67.3*	73.2	82.4	84.2	76.0	87.3	83.6	78.7	20
19	Sandøund	80.1	78.3	76.7	73.9	70.7*	70.8	73.4	75.3	78.6	78.9	80.3	79.5	76.4	10
20	Færder	81.9	77.9	79.3	80.0	75.6	72.1*	76.5	78.5	76.8	78.2	83.5	81.5	78.5	11
21	Dalen	74.7	73.2	76.3	77.2	72.0	64.2*	73.5	77.9	76.4	83.0	84.6	78.3	75.9	20
22	Valle	76.3	65.3	62.7*	63.0	65.3	64.3	72.7	75.0	79.0	79.8	74.0	70.5	70.7	17
23	Eg	82.1	78.2	79.3	76.7	72.5	71.2*	78.1	80.9	82.2	84.1	83.1	83.7	79.3	13
24	Oxø	81.1	79.4	78.4	77.8	75.4	74.7*	77.8	79.6	80.2	80.7	81.3	81.1	79.0	7
25	Mandal	81.3	79.5	76.9	72.4	69.3*	69.8	74.1	78.3	81.1	81.2	81.8	81.5	77.3	13
26	Skudenes	80.0	78.8	77.3	75.3*	76.3	77.2	79.8	79.7	79.1	76.7	77.6	79.2	78.1	5
27	Roldal	70.5	65.1	64.7*	69.1	69.0	68.2	74.0	79.6	79.3	78.6	75.8	70.9	72.1	15
28	Ullensvang...	70.8	65.6	65.1	63.6*	65.2	67.9	75.5	77.0	79.6	74.7	74.2	71.9	70.9	17
29	Bergen	79.3	77.5	73.7	70.3*	70.6	73.4	77.6	80.6	80.4	78.0	78.3	79.5	76.6	10
30	Vossevangen ..	74.9	72.9	75.8	73.8	70.0	69.0*	73.2	78.8	80.7	80.7	80.0	76.1	75.5	12
31	Flesje	72.6	70.5	69.5	66.5*	68.8	75.0	79.7	81.5	82.8	78.5	76.6	73.7	74.6	16
32	Lærdalsøren ..	66.5	64.0	64.0	56.7	55.4*	58.2	65.0	69.6	74.8	71.0	70.1	68.9	65.4	19
33	Florø	74.6	72.5	73.0	71.0*	72.6	74.0	77.4	79.9	79.1	75.8	74.7	74.9	75.0	9
34	Tønning	74.0	73.0	74.0	70.3	66.3*	69.3	78.7	76.0	82.8	76.8	74.7	72.0	74.0	17
35	Dombesten	76.1	74.6	74.7	72.6*	73.0	75.7	81.3	82.1	83.6	80.3	79.6	76.3	77.5	11
36	Aalesund	71.8	71.7*	71.7	72.9	74.4	75.6	80.2	81.4	78.7	75.4	73.3	73.5	75.1	10
37	Christiansund ..	74.7	73.5	73.3*	73.3	73.8	75.4	78.4	79.8	78.4	75.4	75.8	75.7	75.6	7
38	Trondhjem ..	70.1	68.6*	68.8	71.5	70.4	70.5	72.3	76.3	81.3	76.9	74.4	70.5	72.6	13
39	Ytterøen	78.1	75.6	74.2	73.0	73.4	71.5*	73.3	74.7	79.1	77.9	80.8	78.7	75.8	9
40	Stenkjær	76.2	72.8	73.1	72.6	70.8*	71.7	73.9	78.5	82.8	82.0	81.3	77.7	76.1	12
41	Brennø	69.5	67.2*	68.6	68.9	71.0	74.6	77.3	78.0	75.6	73.2	71.9	69.6	72.1	11
42	Hatfjeldalen ..	71.8	69.7	69.9	69.3*	71.0	70.6	76.5	81.5	83.0	80.4	78.8	72.1	74.5	14
43	Ranen	70.8	69.1	68.8*	69.8	70.4	69.4	73.8	76.8	76.4	75.7	74.9	70.0	72.2	8
44	Bodo	70.1	67.8*	68.7	71.9	72.0	75.1	79.1	80.5	79.9	78.2	73.1	69.1	73.8	13
45	Skomvær	75.2	75.8	73.6*	79.4	79.2	82.6	84.2	84.2	83.0	79.8	76.8	77.0	79.2	11
46	Røst	79.3	78.2	77.8*	80.1	82.6	84.1	85.8	87.5	85.1	82.1	80.2	78.3	81.8	10
47	Svolvær	71.8	72.4	70.8	70.7	67.8*	68.5	72.3	76.7	79.3	78.2	76.9	72.9	73.2	12
48	Lødingen	70.9	67.7	65.6*	68.6	69.9	70.4	73.4	75.3	75.1	72.7	71.9	67.9	70.8	10
49	Fagernes	69.6	69.4	68.7*	73.1	73.6	75.2	78.6	81.6	80.2	77.3	74.8	70.3	74.4	13
50	Tromsø	70.7	70.1	68.7*	72.1	75.3	74.8	79.1	81.7	81.2	79.9	77.7	71.3	75.2	13
51	Alten	69.2	67.8	64.4*	68.8	70.4	69.3	72.0	74.6	75.5	76.3	72.7	70.0	70.9	12
52	Vardø	70.2	67.3*	72.4	79.0	83.3	84.8	87.3	86.6	82.5	82.5	77.9	72.4	78.8	10
53	Sydvaranger ..	68.7	67.6	66.9*	71.0	73.6	73.4	76.7	80.8	80.9	79.5	72.2	67.6	73.2	14

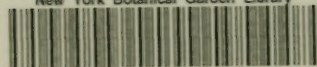
Den følgende *Tabel IV* giver de laveste og højeste fundne Værdier for absolut Fugtighed og de laveste fundne Værdier for relativ Fugtighed for en Række Stationer med længere Aarrækker.

Tabel IV.
Extrem-Værdier.

Station	Absolut Fugtighed				Relativ Fugtighed	
	Min.	Maaned	Max.	Maaned	Min.	Maaned
	mm.		mm.		‰	
Røros	0.1	Vinter	16.0	Juni	13	Jan. Juli
Domaas	0.1	Febr.	15.9	Juli	10	Juni
Granheim	0.2	Jan. Febr.	16.0	Juli	11	Sept.
Christiania	0.4	Febr.	19.0	Juli	8	Apr.
Sandosund	0.4	Jan. Febr. Nov.	21.5	Juli	12	Juni
Oxø	0.5	Febr.	17.0	Juni	15	Maj
Skudenes	0.5	Febr.	18.6	Juli	17	Marts, Apr.
Bergen	0.3	Jan.	17.8	Aug.	18	Apr. Maj
Lærdalsøren	0.2	Febr.	17.5	Juli	10	Apr.
Flørø	0.6	Jan. Febr.	20.3	Aug.	18	Febr.
Aalesund	0.5	Febr.	18.9	Aug.	12	Apr.
Christiansund	0.5	Febr.	16.4	Juli	16	Apr.
Brønno	0.2	Febr. Dec.	18.9	Juli	10	Febr.
Bodo	0.1	Febr.	20.2	Juli	10	Febr.
Rost	1.1	Marts	13.4	Aug.	38	Mar. Ap. Dec.
Fagernes	0.2	Febr.	20.3	Aug.	11	Febr.
Tromsø	0.5	Jan.	17.6	Juli	18	Marts
Alten	0.2	Jan. Marts	18.2	Juli	16	Marts, Juni
Vardø	0.1	Febr.	15.2	Juni	36)	Febr.
Sydvaranger	0.1	Jan. Febr. Dec.	19.7	Juli	11	Vinter, Vaar

Beregningerne af Tabellerne for Luftens Fugtighed ere udførte af Cand. real. *H. Alme* og Fru *D. Nissen*.

New York Botanical Garden Library



3 5185 00280 4811

